EVALUACIÓN DEL EFECTO LARVICIDA DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE *Persea americana* (Aguacate, variedad Lorena) SOBRE LARVAS DE CUARTO ESTADIO DE *Aedes aegypti* EN CONDICIONES DE LABORATORIO

CLAUDIA PATRICIA TORREZ GALLEGO

DIANA MILENA BARRERA CAMACHO



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

TECNOLOGÍA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL

BOGOTÁ D.C. 2024

EVALUACIÓN DEL EFECTO LARVICIDA DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE *Persea americana* (Aguacate, variedad Lorena) SOBRE LARVAS DE CUARTO ESTADIO DE *Aedes aegypti* EN CONDICIONES DE LABORATORIO

Presentado por:

CLAUDIA PATRICIA TORREZ GALLEGO (20191085079)

DIANA MILENA BARRERA CAMACHO (20191085036)

PROYECTO DE GRADO EN MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN
PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO
DE TECNÓLOGOS EN SANEAMIENTO AMBIENTAL

DIRECTOR:

DIEGO TOMAS CORRADINE MORA

MÉDICO VETERINARIO – MSc. SALUD PÚBLICA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
TECNOLOGÍA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C. 2024

Dedicatoria y agradecimientos

Al docente Diego Tomas Corradine Mora, encargado del semillero Zoovector y del laboratorio de Zoonosis de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, por donar el material vegetal (Semillas de aguacate) con el cual se llevaron a cabo los ensayos descritos en el proyecto, por guiarnos, explicarnos, colaborarnos, compartir sus conocimientos, enseñanzas y técnicas con cada proceso, a la universidad por permitirnos el acceso a la misma; a cada una de las personas que cooperaron para que se llevara a cabo cada proceso.

Este trabajo y esfuerzo es dedicado a aquellas personas que creyeron en este proyecto, a nuestros familiares y amigos por confiar en cada cosa que hicimos, hacemos y haremos, por guiarnos en los momentos en que ciertas situaciones se estaban saliendo de control, por ser ese centro de apoyo en los momentos no tan buenos.

"La verdadera sabiduría está en reconocer la propia ignorancia"

Sócrates

"Lo malo no es hacerlo mal, es quedarse ahí y no avanzar"

Anónimo

Por Claudia Torrez y Diana Barrera

Índice

Índice de tablas..... VI
Índice de figuras..... VII
Índice de ecuaciones..... VIII
Índice de anexos..... IX
Resumen..... X
Abstract..... XI
Introducción..... 1
1. Objetivos..... 4
1.1. Objetivo general..... 4
1.2. Objetivo específico..... 4
2. Justificación..... 5
3. Marco teórico..... 8
3.1. Generalidades del mosquito *Aedes aegypti*..... 8
3.1.1. Morfología..... 8
3.1.1.1. Huevos..... 9
3.1.1.2. Larvas..... 10
3.1.1.3. Pupas..... 11
3.1.1.4. Adulto..... 12
3.1.2. Hábitos..... 13
3.1.3. Importancia en salud púbica..... 14
3.1.4. Enfermedades trasmitidas por *Aedes aegypti*..... 15
3.1.4.1. Fiebre amarilla..... 15
3.1.4.2. Dengue..... 16
3.1.4.3. Chikungunya..... 17
3.1.4.4. Zika..... 18
3.1.5. Control para *Aedes aegypti*..... 18
3.1.5.1. Control químico..... 20
3.1.5.2. Control para las formas adultas (Adulticida)..... 21
3.1.5.3. Control de formas inmaduras (Larvicida)..... 21
3.1.5.4. Control biológico..... 22
3.2. Generalidades *Persea americana*..... 22

3.2.1. Relación del aguacate como larvicida 24
3.2.2. Clasificación botánica 25
3.2.3. Descripción botánica (Variedad Lorena) 26
3.2.4. Composición de *Persea americana* 26
4. Antecedentes 30
5. Metodología 34
5.1. Tipo de estudio 34
5.2. Procesamiento de semillas de aguacate. 34
5.3. Preparación del extracto vegetal 34
5.4. Destilación de la solución obtenida 35
5.5. Crianza de larvas de *Aedes aegypti* 35
5.6. Preparación de las concentraciones de extracto de *Persea americana* 36
5.7. Bioensayo 36
5.8. Recolección de los datos 37
5.9. Manejo de datos 37
5.9.1. Abbott 38
5.9.2. Anova 38
5.9.3. Probit 39
6. Resultados 40
6.1. Eficiencia del extracto de *Persea americana* como larvicida a diferentes concentraciones 40
6.2. Análisis estadístico 43
6.3. Análisis anova 45
6.4. Análisis de Probit para el cálculo de las concentraciones letales CL90 y CL50 47
6.5. Análisis de tiempo letal TL50 y TL 90 a concentración de 60 y 70 ppm de *Persea americana* 48
7. Discusión de resultados 51
8. Conclusiones 60
9. Recomendaciones 61
Referencias 62
Anexos 78

Índice de tablas

Tabla 1. *Clasificación Botánica Persea americana*..... 26

Tabla 2. *Porcentajes de mortalidad acumulada de las larvas de Aedes aegypti con extracto de semilla de Persea americana*..... 40

Tabla 3. *Análisis estadístico ANOVA de un factor* 45

Índice de figuras

Figura 1. *Morfología de Aedes aegypti* 9

Figura 2. *Huevos de Aedes aegypti* 10

Figura 3. *Larvas de Aedes aegypti* 11

Figura 4. *Pupa de Aedes aegypti* 12

Figura 5. *Aedes aegypti macho y hembra* 13

Figura 6. *Persea americana (aguacate, variedad Lorena)* 24

Figura 7. *Anatomía del fruto de aguacate* 29

Figura 8. *Estudio de la letalidad de larvas Aedes aegypti con estracto de semilla de Persea americana* 41

Figura 9. *Diagrama de cajas y bigotes, mortalidad final* 44

Figura 10. *Diagrama de dispersión de Anova de un factor* 46

Figura 11. *Probit, concentración letal* 47

Figura 12. *Tiempo letal 50 y 90 del extractó de Persea americana* 49

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. *Ecuación de Abbott* 38

Índice de anexos

Anexo A. *Semillas de Persea americana (aguacate, variedad Lorena)* 78

Anexo B. *Trituración de las semillas de Persea americana en molino convencional manual, marca corona* 78

Anexo C. *Cartuchos cilíndricos de papel filtro* 79

Anexo D. *Montaje del extractor Soxhlet* 79

Anexo E. *Rotaevaporador* 80

Anexo F. *Conservación del extracto de Persea americana* 80

Anexo G. *Montaje de los bioensayos* 81

Anexo H. *Formato mortalidad de los bioensayos* 82

Resumen

La picadura de mosquitos *Aedes aegypti* puede ser la vía para la transmisión de enfermedades tales como la fiebre del dengue (clásico y hemorrágico), fiebre amarilla, Chikunguña, zika y varias formas de encefalitis, que incluyen el virus del Nilo occidental; además de provocar irritación en la piel debido a una reacción alérgica a la picadura del mosquito.

Con el fin de controlar la población de larvas de *Aedes aegypti*, en este proyecto de investigación se propone aprovechar la semilla de *Persea americana* (aguacate) que se encuentran en Colombia, para lo cual se realizó la evaluación del efecto larvicida del extracto etanólico de sus semillas empleando la variedad Lorena, sobre larvas de cuarto estadio de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio, en donde se obtuvo que el extracto etanólico de *Persea americana* es una alternativa favorable, debido a que la mayor letalidad registrada fue del 90% a concentración de 70 ppm después de trascurridas las 48 horas de exposición, y la menor letalidad a una concentración de 20 ppm, la cual mostró una letalidad del 10% en los individuos que se encontraban expuestos a la sustancia, el tiempo letal del 50% se alcanzó transcurridas las 48 horas en concentración de 40 ppm y el 90% a las 48 horas en concentración de 70 ppm.

Al realizar el análisis con unidades Probit se obtuvo que la concentración exacta para llegar a la dosis letal del 50% (CL50) en *Aedes aegypti* es de 61 ppm y para lograr la letalidad del 90% (CL90) se debe exponer a los individuos a una concentración de 70 ppm.

Palabras clave: *Persea americana, mosquito Aedes aegypti, control biológico, extracto etanólico, larvicida.*

Abstract

Insects (class Insecta) are very diverse and represent one of the most successful groups of animals. They live in almost all regions of the planet: at high altitudes, in fresh waters, oceans and deserts. They feed on plants, hunt other animals, and can even consume bodily fluids such as blood. Mosquito bites can be the route for the transmission of pathological diseases, such as malaria, dengue fever and various forms of encephalitis, including West Nile virus, in addition to causing skin irritation due to an allergic reaction. to mosquito sap.

In order to control the population of Aedes aegypti larvae, in this research project it is proposed to take advantage of the seed of Persea americana (avocado) found in Colombia, for which the larvicidal effect of the ethanic extract of its seeds was evaluated using the lorea variety on fourth stage larvae of Aedes aegypti under laboratory conditions, where it was obtained that the ethanolic extract of Persea americana is a favorable alternative because the highest lethality recorded lethality was 90% at concentation of 70 ppm after the 48 hours of exposure, and the lowest lethality at a concentration of 20 ppm which showed a lethality of 10% in individuals who were exposed to the substance, the lethal time of 50% is reached after 48 hours at the concentration of 40 ppm and 90% after 48 hours at the concentration of 70%.

When performing the analysis with Probit units, it was obtained that the exact concentration to reach the LC50 of the sample in Aedes aegypti is 34 ppm of the ethanolic substance, and to achieve the LC90, individuals must be exposed to a concentration of 56 ppm., to achieve the effectiveness of the ethanolic extract of Persea americana as a larvicide.

Keywords: Persea americana, Aedes aegypti mosquito, biological control, ethanoic extract, larvicide.

Introducción

De acuerdo con Conde (2003) el mosquito *Aedes aegypti* proviene de la familia Culicide negreo con rayas blancas en el dorso y patas. Esta especie vive en climas cálidos hasta una altitud de los 2.200 m.s.n.m particularmente en zonas del valle de los ríos Magdalena y Cauca, Zona Cafetera, Costa Atlántica y Chocó. Los criaderos de *Aedes aegypti* son normalmente domiciliarios. De la misma manera se puede evidenciar la existencia en sitios periurbanos y silvestres. Su capacidad de vuelo es muy corta, lo que lo convierte en una especie intra y predomiciliaria.

Como se citó en la Organización Mundial de la Salud [OMS] (2017); expertos describen a la especie *Aedes aegypti* como "oportunistas", debido a que tiene la capacidad de adaptarse a entornos de constantes cambios, en particular se adaptan a los cambios del hábitat humano. Esto es debido a que presenta una metamorfosis completa, con un estado larvario en el agua y otro en el aire, es decir, cuando madura y busca reproducirse. Las hembras pueden realizar una ovoposición de 100 huevos, en donde buscan siempre aguas limpias, estancadas y tranquilas, en lugares frescos y sombreados. Las larvas cuentan con cuatro etapas de desarrollo y necesitan vivir una semana en agua para convertirse en pupas. Después de dos días se convertirán en mosquitos adultos según lo mencionan Hurtado y Guevara (2020).

Ávila y Rodríguez (2020) indican que debido a los grandes problemas que han surgido a lo largo de los años con la especie *Aedes*, en especial con el mosquito *Aedes aegypti*, la Organización Mundial de la Salud [OMS] y muchos países del mundo han intensificado las campañas de control para reducir la incidencia de las enfermedades como la fiebre amarilla, dengue, zika y chikunguña.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] (1979) define la resistencia como la capacidad que desarrolla una población determinada de insectos al no ser afectado por la aplicación de insecticidas. Se puede considerar que la resistencia es un proceso inevitable debido a la constante presión que es ejercida con las diferentes aplicaciones de insecticidas. Respecto a lo anterior la Bióloga Beltrán (2001) describe que el mosquito *Aedes aegypti* ha desarrollado resistencia a cada uno de los grupos de insecticidas, en especial los piretroides y los organofosforados, registrando tres tipos de resistencia, la fisiológica, la cruzada y la resistencia por cambios de comportamiento, convirtiéndose en un problema importante para el control del vector.

Dada la resistencia adquirida por el vector, la Organización Mundial de la salud (OMS, 2017) afirma que la eliminación de los criaderos de mosquitos es la intervención más eficaz para la protección de la población. Por otro lado, la fumigación se recomienda si la situación lo requiere.

Debido a que esta especie es considerada un problema de salud pública, ya que, tiene la capacidad de transmitir enfermedades como el dengue, el chikunguña y el zika; se han realizado diferentes investigaciones buscando alternativas para el control de los diferentes estadios larvales, mediante el uso de larvicidas para impedir significativamente el ciclo reproductivo de *Aedes aegypti* y evitar su reproducción prolongada. Por ese motivo, en el presente trabajo se evalúa el efecto larvicida del extracto etanólico de la semilla de la *Persea americana* (aguacate, variedad Lorena) obtenidas del cultivo rural del municipio de Macaravita, Santander, un extracto natural que no es nocivo para el medio ambiente, con respecto a las larvas de *Aedes aegypti* en cuarto estadio en condiciones de laboratorio. De igual manera se pretende reunir información

existente con respecto a otros trabajos escritos en los que se hayan utilizado larvicidas con extractos naturales.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto larvicida del extracto etanólico de *Persea americana* (aguacate, variedad Lorena), en diferentes concentraciones sobre larvas de cuarto estadio de *Aedes aegypti* (Dípteria: Cilicidae) en condiciones de laboratorio.

1.2. Objetivo específico

- Evaluar la eficiencia del extracto etanólico de *Persea americana* (aguacate, variedad Lorena), a concentraciones de 20, 30, 40, 50, 60 y 70 ppm.
- Determinar el efecto de las concentraciones letales CL50 y CL90 del extracto etanólico de *Persea americana* (aguacate, variedad Lorena), sobre larvas de cuarto estadio de *Aedes aegypti*.
- Estimar los tiempos letales TL50 y TL90 del extracto etanólico de *Persea americana (*aguacate, variedad Lorena), sobre larvas de cuarto estadio de *Aedes aegypti* para las concentraciones que demuestren mejor efectividad.

2. Justificación

López y Neira (2016), describen que el mosquito de la especie *Aedes aegypti* actualmente es conocido por ser uno de los principales vectores patógenos de enfermedades alrededor del planeta, este transmite enfermedades del dengue, chikunguña, zika y fiebre amarilla, entre otras. Estas enfermedades se reportan como un gran problema a la salud pública debido a su alta distribución geográfica, la elevada tasa de mortalidad ante la ausencia de una vacuna para el dengue, chikunguña y zika, así como la dificultad para implementar medidas de saneamiento adecuadas en las zonas más vulnerables del país, debido al incremento de residuos sólidos, líquidos, la contaminación de las fuentes hídricas y el suelo, crean unas condiciones ideales para el aumento de su población, por lo que es importante generar medidas de control y a su vez educar a la población de las mismas.

Según el informe semanal epidemiológico que brindó El Instituto de Salud de Colombia [INS] correspondiente a la semana 52 de 2022, entre el 25 al 31 de diciembre, indica que se reportaron 44.289 casos probables de dengue de contagio por la picadura del mosquito *Aedes aegypti*. De estos, 13.498 (48,1 %) sin signos de alarma, 14.040 (50,0 %) con signos de alarma y 534 (1,9 %) dengue grave (Instituto Nacional de Salud [INS] et al., 2022).

Siendo *Aedes aegypti* el principal vector de las enfermedades mencionadas anteriormente es importante centrarse en el control de los mismos para afrontar el impacto que traen consigo, por mencionar algunos de los controles, el biológico y químico, como lo mencionan Puerta, et al. (2024) en su investigación sobre el sistema de alerta temprana para el control del *Aedes aegypti*, usar solo control químico conlleva efectos en los mosquitos, asociada a la resistencia, por otro lado, están las estrategias del control biológico que parecen tener menos impacto en la población humana y en el medio ambiente. Respecto a su resistencia se da por el uso constante de

insecticidas, provocando la aparición de resistencia en mosquitos para todos los grupos toxicológicos en el control vectorial, ya que, esta es la principal herramienta para controlar vectores y prevenir enfermedades que transmiten, como lo mencionan Solís, et al. (2022) en resistencia a insecticidas en *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* (Díptera: Culicidae) de Tapachula, Chiapas, México.

Siguiendo el control biológico expuesto anteriormente, y según el informe del Instituto Nacional de Salud de Colombia (INS, 2017), respecto a los casos del dengue, se busca una manera natural de poder acabar con las larvas del mosquito, antes de que se convierta en los vectores de las enfermedades, sin impactar negativamente en el medio ambiente.

Colombia posee la mayor diversidad climatológica posible por su posición geográfica. Siendo esta una de sus tantas fortalezas, destacamos las zonas con temperaturas de 17 a 24ºC, ya que, en estas áreas se desarrolla la planta *Persea americana*, donde alcanza su óptimo desarrollo. Es cultivada en los departamentos de Tolima, Antioquía, Caldas, Santander, César, valle del Cauca, Risaralda y Quindío. Al sumar el beneficio de la temperatura, le adicionamos los grandes beneficios que también se han creado en Colombia, ya que genera un gran aliciente para los cultivos, generando cosechas gastronómicas y riqueza nutritiva. Lo anterior le da un aprovechamiento a *Persea americana,* puesto que genera un alto consumo, desarrollando dietas más saludables y reconociendo las bondades nutricionales finales que posee. Ahora se le suma la cantidad de semillas que se generan como desecho, las cuales se deberían usar en forma masiva para la extracción etanólica del aceite esencial con efecto larvicida y ser usado como reductor en la población de *Aedes aegypti,* vector de innumerables enfermedades, se presenta como una gran opción efectiva en el campo de la salud pública y manejo de residuos sólidos. (Minagricultura et al., 2018); por lo tanto, en el estudio se presenta como objetivo la obtención de un extracto

natural a base de la semilla de *Persea americana* (aguacate). Tiene como finalidad el buscar el aprovechamiento como un larvicida que pueda tener una letalidad en las larvas de cuarto estadio del *Aedes aegypti*.

3. Marco teórico

Para la elaboración del marco teórico se tuvo en cuenta la información de *Aedes aegypti* en relación con el crecimiento y desarrollo de los diferentes estadios, al igual que se tomaron en consideración las propiedades de larvicida que tiene el extracto de aguacate.

3.1. Generalidades del mosquito *Aedes aegypti*

Como lo describe Bobadilla (2001) en su tesis estado de poblaciones larvarias de *Aedes aegypti* (L) (Díptera; Culicidae) a insecticidas de uso común y alternativos en el estado de Veracruz; el mosquito *Aedes aegypti* es un insecto proveniente de la familia Culicidae del orden díptera, con metamorfosis completa. Este es un vector transmisor de diferentes enfermedades como lo son el dengue, fiebre amarilla y la fiebre del Nilo occidental, entre otras. Esta especie es principalmente doméstica y antropofílico, sin embargo, existen formas silvestres. Es un insecto pequeño, el cual mide aproximadamente 5 mm, con una coloración oscura (castaño oscuro o negro), las patas cuentan con rayas blanco-plateadas. Comienza su ciclo de vida en forma acuática (huevos) y se desarrolla en forma aérea (adulto).

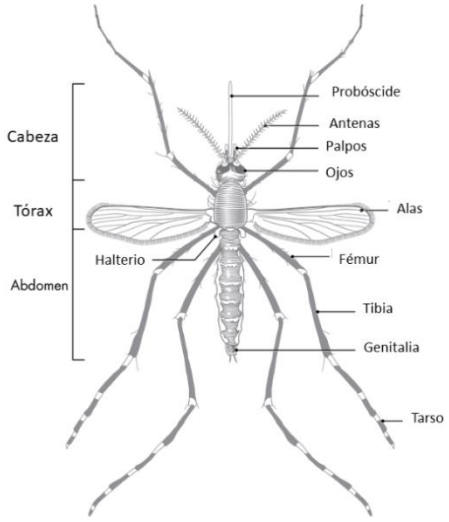
3.1.1. Morfología

Lo que distingue a *Aedes aegypti* de otras especies de *Aedes* es el color oscuro y franjas plateadas que se encuentran principalmente en sus patas, mencionado por Barragán y Donoso (2023). Tiene en su dorso una estructura en forma de lira, contando con manchas plateadas que se encuentran sobre el tórax. Posee una cabeza globular con ojos compuestos. Tiene dos antenas con dimorfismo sexual, plumas para los machos y ligeramente pubescentes en las hembras, lo que permite distinguir su género. El tamaño del *Aedes aegypti* puede variar entre 0.5 a 1 cm de largo, siendo los machos los de menor tamaño. En la cabeza poseen un par de palpos, largas en

los machos y cortas en las hembras, una larga y delgada a cada lado, mirando hacia adelante, formando la cavidad oral (Figura 1).

Figura 1.

Morfología de Aedes aegypti.



Fuente: Centers for Disease Control and Prevention (2023).

Aguilar y Poveda (2014) se refieren a los machos como tipo chupador, a causa de que su cavidad bucal no se encuentra adaptada para la absorción de sangre, debido a que estos procuran alimentarse del néctar de las plantas que contienen carbohidratos. Por el contrario, las hembras son del tipo picador-chupador, teniendo adaptada su cavidad oral para traspasar la piel y absorber la sangre necesaria para la formación de los huevos.

El ciclo completo de vida del *Ae. aegypti* consta de cuatro estados de desarrollo: el huevo, cuatro estadios larvales, un estadio de pupa y el de adulto.

3.1.1.1. Huevos

La ovipostura empieza cuando la hembra hace postura de aproximadamente 400 huevos sobre la pared del recipiente, a unos escasos centímetros sobre el nivel del agua especialmente en agua estancada y en horas de la noche. La morfología de los huevos cuenta con un tamaño de 1

mm de largo y una forma elíptica, alargada y de color blanco, con el paso de las horas esta se va tornando más oscura (Figura 2). Si el ambiente es húmedo y cálido la fertilización dura aproximadamente cuarenta y ocho (48) horas y en temperaturas frías el tiempo aumenta en cinco (5) días, luego de estos tiempos los huevos son capaces de resistir a la sequía prolongada y temperaturas extremas. Si anteriormente los huevos se mojaran, varias veces, algunos eclosionarían, como lo nombran Hurtado y Anacona (2020) en su trabajo sobre la palta: compuestos bioactivos y sus potenciales beneficios en salud.

Figura 2.

Huevos de Aedes aegypti.



Fuente: FAQBIO - Apoyo a los estudios de biología (2023).

3.1.1.2. Larvas

Las larvas son exclusivamente acuáticas. La fase larval es el período de alimentación y crecimiento. En la superficie del agua se mantienen casi verticales y nadan con un característico movimiento serpentino. Se identifican por dos prominentes espinas laterales del tórax y una hilera recta de siete a doce escamas del peine en el octavo segmento abdominal. La duración del desarrollo larval depende de la temperatura, la disponibilidad de alimento y la densidad de larvas en el recipiente. En condiciones óptimas, el período larval desde la eclosión hasta la fase de pupa

puede ser de cinco días, pero comúnmente es de 7 a 14 días, cambiando su exoesqueleto tres veces, pasando por cuatro estadios larvarios en donde cada uno aumenta su tamaño como se observa en la (Figura 3), como lo expone Aldama et al. (2001), en el ciclo de vida del *Aedes aegypti* y manifestaciones clínicas del dengue.

Figura 3.

Larvas de Aedes aegypti.



Fuente: Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases (NCEZID), Division of Vector-Borne Diseases (DVBD, 2022).

3.1.1.3. Pupas

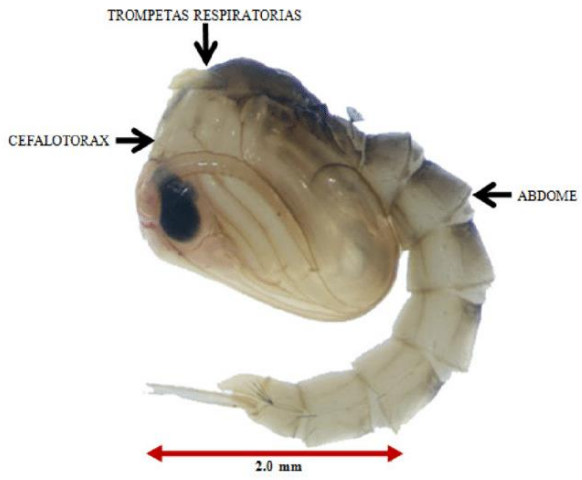
En la Biología de *Aedes aegypti*, Montero (2009), describe a la pupa como la fase que no necesita alimentación, además de presentar un estado de reposo donde producen importantes modificaciones anatómico-fisiológicas hasta la aparición de los adultos. Reaccionan inmediatamente a estímulos externos tales como vibración y se desplazan activamente por todo el recipiente. Se mantienen en la superficie del agua debido a su flotabilidad y esta propiedad facilita la emergencia del insecto adulto.

El período pupal dura de 1 a 3 días en condiciones favorables, con temperaturas entre 28 y 32°C. Las variaciones extremas de temperatura pueden dilatar este período. La pupa tiene en la

base del tórax un par de tubos respiratorios o trompetas que atraviesan la superficie del agua y permiten la respiración. En la base del abdomen poseen un par de remos, paletas o aletas natatorias que sirven para nadar (Figura 4).

Figura 4.

Pupa de Aedes aegypti.



Fuente: Morphology and morphometry of *Aedes aegypti* pupae (2020).

3.1.1.4. Adulto

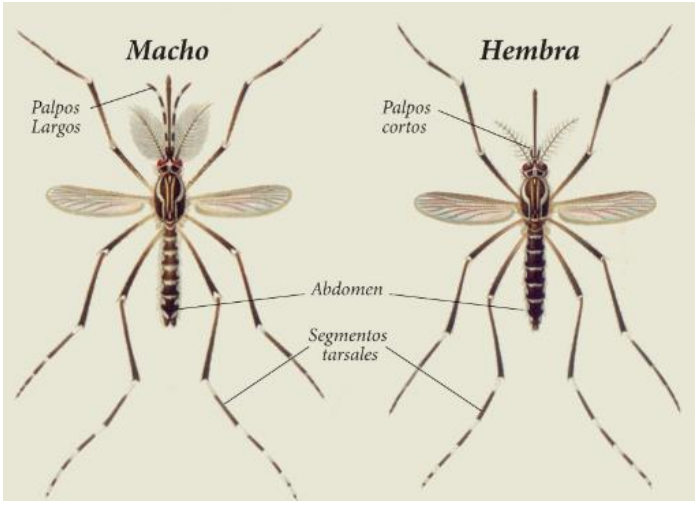
La etapa final del ciclo ocurre cuando el caparazón de la pupa se quiebra y el mosquito emerge a los minutos y queda posado sobre el agua. En ese momento su cuerpo está débil porque aún no alcanza la dureza y resistencia necesaria para sobrevivir. Tras las veinticuatro (24) horas necesarias para su transformación y adaptación al medio terrestre, presenta color negro con diseños en forma de escamas blancas y anillados al nivel del torso, tibia y fémures de las patas, etapa descrita por el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (MSPBS, 2022).

Los machos se diferencian por sus antenas plumosas y por su aparato genital, el cual se rota 180°. Esto ocurre para que pueda enganchar a la hembra en el momento del apareamiento. Los machos utilizan como alimento los exudados de los frutos y el néctar, que aprovechan para

obtener energía para volar, mientras que las hembras dependen de alimentación hematófaga en los primeros dos (2) a cuatro (4) días después de salir de la pupa. El propósito principal de la alimentación sanguínea es para proporcionar una fuente de proteínas para el desarrollo de los huevos. El apareamiento en la mayoría de las ocasiones se realiza en medio del vuelo y la postura se lleva a cabo durante las horas de la mañana. La transmisión de las enfermedades zoonóticas ocurre cuando las hembras realizan la succión de la sangre del huésped (Figura 5), referido por la Administración Nacional de Educación Pública (ANEP, 2016).

Figura 5.

Aedes aegypti, macho y hembra.



Fuente: Mundo sano (2018).

3.1.2. Hábitos

En los Aspectos entomológicos del dengue, el biólogo Ríos (2004) se refiere al *Aedes aegypti* como un vector de hábitat urbano, silenciosos, oscuros y de costumbres diurnas, de igual forma se han visto en sitios periurbanos y silvestres. Esta pica principalmente las partes expuestas, sin embargo, no se excluye el resto, siendo más frecuentes durante las últimas horas de la tarde y las primeras del amanecer, igualmente se alimentan de sangre bovina y porcina.

Posterior de que la hembra ha finalizado la alimentación (2 a 3 cm^3 de sangre) se desarrollará y pondrá huevos en diferentes lugares, asegurando la conservación de la especie. La hembra se siente atraída por los recipientes oscuros o sombríos con paredes duras y lisas, prefiriendo agua limpia con poca materia orgánica, pero cuando desove usará lo que esté disponible, independientemente de la contaminación del agua. Cuando los mosquitos no se reproducen, alimenta o dispersan, buscan lugares tranquilos para reposar. Esta especie es considerada doméstica por dominar fácilmente los contenedores de agua artificiales que se encuentran intro y peridomicilió de las viviendas, un ejemplo de estas son los floreros, neumáticos, bebederos de agua de animales domésticos y/o de granja. En Colombia esta especie se ha encontrado en zonas rurales.

3.1.3. Importancia en salud púbica

En el artículo sobre *Aedes aegypti* y su importancia en salud humana expuesto por Gómez (2018) considera al mosquito *Aedes aegypti* como un vector de importancia médica debido a que tiene un gran impacto en la salud humana debido a factores intrínsecos y extrínsecos. Algunos factores intrínsecos incluyen su alto grado de antropofília, resistencia a la desecación de los huevos, lo que lleva a que permanezcan viables en el ambiente hasta por un año, lo cual explica el aumento de la población de mosquitos durante épocas lluviosas, lo que a su vez se asocia con la recrudescencia de la enfermedad, tienen amplia distribución geográfica, adaptabilidad a los centros urbanos y competencia vectorial a patógenos tan importantes, causantes de enfermedades como el dengue, la fiebre amarilla o el zika. Adicionalmente, la transmisión transovárica y venérea demostrada de algunos de los virus en *Ae. aegypti*, parecen constituir mecanismos fundamentales para garantizar la circulación del virus en escenarios epidemiológicos no favorables; el papel vectorial de *Aedes aegypti* es complejo, teniendo en

cuenta que se han reconocido diferencias en su eficiencia como vector; característica que se ha explicado por diferencias genéticas y ambientales entre el vector y el patógeno y su interacción, lo que representa un reto para su control.

Por su parte, factores extrínsecos tales como la urbanización y la globalización impactan directamente la aparición de virus que previamente solo circulaban en su ciclo de transmisión selvático/enzoótico a nivel urbano, así como su rápida expansión mundial. Es evidente la necesidad de identificar estrategias de control de *Aedes aegypti* costo-efectivas para interrumpir los ciclos de transmisión de los patógenos y prevenir la aparición de nuevas epidemias.

El Gimnasio superior empresarial bilingüe (2023) indica que los mosquitos no nacen con los virus en su cuerpo, estos virus son adquiridos solo al picar a una persona infectada y luego los transmiten al picar a otras personas. Solo los mosquitos hembra pican, ya que requieren de la **s**angre para la producción de sus huevos, por lo que son las únicas que pueden transmitir virus.

3.1.4. Enfermedades trasmitidas por *Aedes aegypti*

3.1.4.1. Fiebre amarilla

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023), la fiebre amarilla es una enfermedad vírica aguda, hemorrágica, transmitida por mosquitos *Aedes* y *Haemogogus* infectados. El término “amarilla” hace referencia a la ictericia que se presenta en algunos pacientes. La mortalidad de los casos no tratados que se han presentado es del 50%.

Dicha enfermedad, según World Health Organization (WHO, 2023) se produce cuando el virus es introducido por personas infectadas en áreas densamente pobladas y con alta densidad de mosquitos, en donde la mayoría de la población tiene poca o nula inmunidad debido a la falta de vacunas. En estas condiciones, los mosquitos infectados trasmitirán el virus de persona a persona por medio de la picadura.

Signos y Síntomas. El periodo de incubación del virus es de 3 a 6 días. Muchos casos son asintomáticos, pero cuando los síntomas están presentes se muestra una fiebre frecuente, dolores musculares, especialmente en zona de la espalda, cefaleas, pérdida de apetito y náuseas o vómitos. En la mayoría de los casos, los síntomas desaparecen en 3 o 4 días, especificado por World Mosquito Program (2023).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) explican que un pequeño porcentaje de pacientes entra a las 24 horas del inicio de la segunda fase, considerada la más tóxica, debido a que la fiebre se eleva y se ven afectados diferentes órganos, en especial el hígado y los riñones. Durante esta etapa es usual la ictericia (coloración amarillenta en la piel y los ojos, de hecho, es la que le da el nombre a la enfermedad), orina oscura y dolor abdominal acompañado de vómitos. De igual forma se puede presentar hemorragias orales, nasales, oculares o gástricas. El 50% de los pacientes que entran a la segunda fase o fase tóxica fallecen en un plazo de 7 a 10 días. La fiebre amarilla es difícil de diagnosticar, especialmente en sus primeras etapas. En los casos más graves puede confundirse con paludismo grave, leptospirosis, la hepatitis vírica y las intoxicaciones.

3.1.4.2. Dengue

En la definición e introducción sobre el dengue publicado por National Library of Medicine (NLM, 2023) se aclara que es una enfermedad viral aguda con impactos epidemiológicos, sociales y económicos, que se ha convertido en un problema cada vez más grave y una amenaza para la salud pública mundial, de los cuales cerca de 2.5 millones de personas se encuentran en alto riesgo de contraer esta enfermedad, especialmente niños y adultos mayores. Causada por un virus que es transmitido a través de la picadura de mosquitos infectados.

El dengue o fiebre quebrantahuesos es más común en regiones con climas tropicales y subtropicales, como lo expone el Ministerio de Salud y Protección Social (MPS, 2019). La mayoría de los pacientes con dengue no presentan síntomas, en el momento que aparecen los síntomas, suelen ser fiebre alta, dolor de cabeza, dolores en las articulaciones, pérdida de apetito, dolor detrás de los ojos, náuseas y salpullido. En la mayoría de los casos, la persona se recupera en una semana o dos, pero hay ocasiones en las que la enfermedad es grave y requiere hospitalización. En los casos más severos, el dengue puede ser fatal. Aunque la Secretaría de Salud Pública de Manizales (2023) explica que el riesgo se puede reducir al protegerse de las picaduras de los mosquitos, especialmente durante el día, tapar adecuadamente los tanques de almacenamiento de agua, ya que estos sirven como criadero de mosquitos. Esta enfermedad se puede tratar mediante analgésicos, pero actualmente no cuenta con un tratamiento específico.

3.1.4.3. Chikungunya

Es una enfermedad viral transmitida por los mosquitos *Aedes* hembra de las especies *aegypti* y *albopictus.* Se transmite cuando el mosquito pica a una persona infectada y pica a una persona sana. Los signos aparecen de tres (3) a siete (7) días después de la picadura del mosquito infectado. Se caracteriza por presentar erupción cutánea generalizada, fiebre, dolor en las articulaciones o artritis severa, náuseas y conjuntivitis, mencionado por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS, 2019), el cual expone que los grupos en riesgo son niños y niñas, adultos mayores y mujeres embarazadas.

En la revista cubana de medicina expuesta por Liodelvio y Torrado (2015) indican que en la actualidad no existe un tratamiento farmacológico antiviral específico para la chikunguña. El tratamiento se basa en tratar los síntomas con antipiréticos, analgésicos y líquidos intravenosos.

En general, la enfermedad ocurre una sola vez en la vida. Después de la infección, el paciente desarrolla anticuerpos en las personas ya infectadas.

3.1.4.4. Zika

Respecto al artículo del virus zika, descrito por Petersen et al. (2016) la fiebre por el virus zika es trasmitida por dos especies del subgénero *Aedes* que estén infectados, en menor medida el *Aedes Albopictus* y en mayor medida el A*edes aegypti* qué esté infectado. Es más común en las áreas tropicales. Los pacientes que han sido infectadas con el virus manifiestan síntomas leves. Los síntomas aparecen de 2 a 12 días después de la picadura. Los síntomas más usuales son la fiebre, erupciones cutáneas, cefalea, artralgia, mialgia, malestar en general y conjuntivitis.

De igual modo, el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, 2019) aclara que se puede transmitir sin la picadura del mosquito, como la trasmisión sexual, ya sea antes o durante el desarrollo de los síntomas, la transmisión de la madre al feto durante el embarazo, la transfusión de sangre, entre otras. Actualmente, no existe vacuna ni medicamento específico para tratar la enfermedad. El tratamiento se puede realizar en casa de acuerdo con los síntomas, se guarda reposo usando toldillo y una buena hidratación. Se ha encontrado ARN del virus en el líquido amniótico de las madres cuyo feto tenían malformaciones fetales relacionadas con el neurodesarrollo, causando microcefalia en el feto. Por tal motivo, las personas que viven en zonas del trópico sexualmente activas se recomiendan que los educadores del trópico instruyan sobre métodos de planificación para evitar el embarazo con este tipo de condiciones.

3.1.5. Control para *Aedes aegypti*

El control de las poblaciones de *Aedes* se realiza mediante diversas estrategias, como la gestión ambiental, el control químico, biológico y el control integrado, presentado en la revista costarricense de salud pública por Manjarrés y Olivero (2013). El primero es el más eficaz, ya

que previene o reduce la reproducción de mosquitos y el contacto con patógenos vectores humanos. La gestión ambiental se centra en la destrucción, alteración, eliminación o reciclaje de los contenedores y hábitats naturales de las larvas, que producen el mayor número de adultos de *Aedes*.

Los problemas derivados de las arboviricas que son transmitidas por los mosquitos *Aedes* han impulsado la búsqueda de diferentes mecanismos para erradicar y/o controlar este vector, ya que este representa un riesgo para la salud humana, llegando a ocasionar la muerte o problemas en él desarrolló neuronal como lo es en el caso del virus del zika.

La prevención de la transmisión mediante el saneamiento del medio es una medida que produce una modificación al ambiente, impidiendo o reduciendo al mínimo la propagación del *Aedes aegypti* o el contacto entre el hombre-vector-organismos patógenos (zika, dengue, chikunguya, fiebre amarilla, entre otros). Los principales métodos son: revisando las axilas de las plantas u otra vegetación que se encuentre dentro de las casas, ya que estas pueden ser lugar de focos y criaderos, lavar con cloro y cepillo los tanques de suministro de agua, concientización y medidas de control biológico. El control químico se limita a situaciones de brote y en donde se tenga clara la delimitación del foco de transmisión. De la misma manera, se debe continuar con el monitoreo y evaluación de las indicaciones epidemiológicas y entomológicas para mantener una actualización del análisis de la situación y sostener las medidas correspondientes, como se refiere Borrero Roldán (2015) en las políticas públicas para la promoción, prevención y control del dengue y las representaciones y prácticas sociales de la enfermedad.

Ante la ausencia de vacunas eficaces para cada uno de los arbovirus presentados anteriormente, la disminución del tamaño poblacional del vector utilizando insecticidas, se convierte en alternativa eficaz para disminuir el impacto de estas enfermedades (Bardach et al.

2019; World Health Organization [WHO], 2013). En Colombia, según la Guía de Vigilancia Entomológica y Control de Dengue, las estrategias de control para el vector están dirigidas a la participación comunitaria, la eliminación de potenciales criaderos, el uso de agentes biológicos, como copépodos, peces larvívoros y el uso de productos de síntesis química, principalmente organofosforados (OP) y piretroides (PY) (MinSalud et al. 2011). En casos de epidemia, a gran escala, son utilizados insecticidas OP, desde 1970, y PY, desde 1990 (Aguirre et al. 2015), para interrumpir el ciclo epidemiológico del vector; no obstante, la utilización continua de OP y PY ha seleccionado poblaciones resistentes en Colombia (Aponte et al. 2019) y en el mundo (Smith et al. 2016). Lo anterior dificulta los programas de control y abre la necesidad de buscar alternativas para disminuir la presión selectiva efectuada en las poblaciones del vector.

El Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia presentó dos circulares en el año 2023; Circular Externa 013 de 2023 Ministerio de Salud y Protección Social – Superintendencia Nacional de Salud – Instituto Nacional de Salud – INS, en la que exponen las instrucciones para la organización y respuesta para el control del Dengue en Colombia y la Circular Conjunta 002 de 2023 Ministerio de Salud y Protección Social – Instituto Nacional de Salud – INS, donde dan a conocer las instrucciones para intensificar y fortalecer las acciones de prevención, atención integral, vigilancia y control de dengue en Colombia.

3.1.5.1. Control químico

El control más utilizado para las poblaciones de *Aedes*, debido a su efectividad en la regulación de poblaciones larvarias y adultas, es la utilización de insecticidas químicos (Manjarres y Olivero, 2013).

Respecto a este tipo de control, hay distintas maneras de contrarrestar, debido a las etapas que presenta el mosquito *Aedes aegypti*, entre su estado adulto y su estado larvario.

3.1.5.2. Control para las formas adultas (Adulticida)

En las recomendaciones realizadas por el programa nacional de control de vectores, Departamento de Salud Ambiental (2020), indica que el tratamiento perifocal utiliza aspersores para la aplicación de un insecticida líquido que se dispersa en el aire en forma de cientos de millones de gotitas diminutas de menos de 50 μm de diámetro. Solamente es eficaz mientras las gotitas se mantengan suspendidas en el aire, son utilizados en los hábitats de las larvas y destruye no solo las larvas sino también los mosquitos adultos. Este control difiere según se trate de los domicilios (rociado intradomiciliario) o los espacios abiertos (rociado espacial), para el rociado intradomiciliario se realiza utilizando máquinas específicas para dicho fin: nebulizadores de niebla fría o termo nebulizadores, y para el rociado espacial se realiza con equipamientos pesado montado en vehículos (el rociado espacial está recomendado en caso de epidemia, o de que el brote se extienda o que las máquinas para rociado intradomiciliario sean insuficientes).

3.1.5.3. Control de formas inmaduras (Larvicida)

Para Salamanca et al. (2021), este control sugiere el uso de larvicidas para los depósitos de agua, los cuales no puedan ser protegidos, destruidos o eliminados, los cuales son reguladores del crecimiento de insectos, en este caso el mosquito de *Aedes aegypti,* los cuales alteran el crecimiento y desarrollo de los insectos manteniéndolos en sus formas inmaduras, resultando eventualmente en la muerte antes de alcanzar su estado adulto. Algunos de los larvicidas usados son Temefos al 1%, Diflubenzuron al 2%, Pyriproxyfen al 0,5% entre otros. Se define a los larvicidas como reguladores del crecimiento de insectos que alteran el crecimiento y desarrollo de los insectos manteniéndolos en sus formas inmaduras, resultando eventualmente en la muerte antes de alcanzar su estado adulto.

3.1.5.4. Control biológico

De acuerdo con la gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de dengue, Mejía y Pérez (2017), el control biológico se basa en la introducción de organismos vivos que se alimentan, compiten, eliminan y parasitan larvas del *Aedes aegypti* en los depósitos de agua limpia. Solo se puede utilizar contra las formas inmaduras del vector, y su principal ventaja es que evita la contaminación química del ambiente. Tienen la desventaja, que algunas especies depredadoras de larvas no son nativas de las localidades donde se utilizan, y pueden generar una competencia y desplazamiento de especies autóctonas.

En los métodos de vigilancia entomológica y control de los principales vectores en las Américas, la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2021), menciona que los métodos de control biológico más frecuentemente empleados por las comunidades y que han demostrado su eficacia son: algunas especies de peces más utilizadas han sido *Gambusia affinis* y *Poecilia reticulata* y crustáceos depredadores como *Macrocyclop salbidus*, *M. longisetus*, *M. termocyclopoides*, *Mesocyclops aspericornis* y *Mesocyclops sp.* Organismos presentes en una gran variedad de cuerpos de agua dulce que pueden ser usados para el control biológico de mosquitos.

3.2. Generalidades *Persea americana*

El aguacate (*Persea americana)* es una planta que se originó en América Central. Sus frutos se conocen como aguacates y tienen una cáscara verde oliva y la pulpa amarilla pálida con un elevado contenido nutricional por el alto contenido de proteínas y poco contenido de colesterol (Abe et al, 2005).

Para Bernal y Díaz (2020) actualmente el aguacate se produce en los cinco continentes, tanto en países tropicales como subtropicales, aunque los mayores cultivos se encuentran en

América, destacándose México como el primer productor mundial, seguido de República Dominicana, Perú, Indonesia y Colombia; también en América destacan Brasil, Estados Unidos (California y La Florida), Venezuela, Guatemala, Chile y Haití en la producción de aguacate. Las zonas productoras de aguacate presentan grandes variaciones en altitud, radiación solar, humedad relativa, temperatura y precipitación, entre otros factores, lo que proporciona una gran variación en las respuestas de los cultivos en cuanto a comportamiento agronómico, productividad, rendimiento y calidad de fruta. Además de lo anterior, hay muchos genotipos criollos, producto del cruce entre las diferentes razas, que permite un suministro casi permanente de fruta y la producción total del país se consume internamente.

El aguacate domesticado por los Aztecas, el cual se dispersó desde México hasta el Perú en el período precolombino. En Sudamérica, solo se conocía en la región oriental, comprendida desde la Sierra Nevada de Santa Marta, en Colombia, hasta el norte de Chile (Téliz, 2000). El aguacate domesticado se extendió por varias regiones de México y Centro América. La reproducción de nuevos árboles se hacía por semilla y así fue como se promovió una gran diversidad genética, que facilitó la adaptación de este frutal a diversas regiones. Asimismo, Tovar y Fernández (2010) explican que, debido a la migración humana, los intercambios comerciales y culturales que se realizaron desde tiempos antiguos entre los diferentes grupos que habitaron desde Mesoamérica hasta el norte de Sudamérica, propiciaron la diseminación y diferentes domesticaciones. En tiempos más recientes, la mezcla de estos domesticados fue la base de muchos de los modernos cultivares.

El aguacate que se cultiva en el país corresponde a las razas antillana, guatemalteca y mexicana e híbridos entre ellas. Las variedades más cultivadas en Colombia son Lorena, Trinidad, Booth-8, Fuerte, Hass, Trapo, Santana, Colinred y Ettinger (Finagro, 2018).

La variedad de aguacate Lorena (Figura 6), mencionada anteriormente, fue usada para llevar a cabo esta investigación. Es originaria del año 1957 en la finca Lorena, ubicada en el municipio de Palmira, Valle del Cauca, posiblemente a partir de una selección de la variedad antillana Trapp, es de anotar que a la variedad Lorena, como a otros cultivares similares en su forma y color, se les conoce como aguacates "Papelillos", en razón al poco grosor de la cáscara, asemejándose a un papel, y que los hace fáciles de pelar (DANE, 2015).

Figura 6.

Persea americana (aguacate, variedad Lorena)



Fuente: Universidad Nacional de Colombia (2019).

3.2.1. Relación del aguacate como larvicida

Medina et al. (2011) plantea que muchas plantas sintetizan metabolitos secundarios con propiedades biológicas importantes contra insectos plagas (Pantoja, 2010). Según Vázquez et al. (2009) las reacciones químicas comunes de todos los seres vivos implican a los metabolitos primarios, respectivamente el de las plantas sintetizar compuestos esenciales y de presencia generalizada en todas las especies vegetales, sin embargo, los productos finales del metabolismo secundario como los alcaloides, aminoácidos no proteicos, esteroides, fenoles o taninos pueden tener diferentes funciones biológicas, dentro de las que destaca, por su importancia, la actividad contra el ataque y proliferación de insectos. No se ha identificado un patrón de máxima

producción, ni órganos especiales para el almacenaje de metabolitos secundarios, sin embargo, lo usual es que la mayor concentración de este tipo de compuestos se encuentre en flores, frutos y semillas Silva et al. (2002). La selección de plantas que contengan metabolitos secundarios susceptibles de ser utilizados como insecticidas naturales deben ser de fácil cultivo y con principios activos potentes, con alta estabilidad química y de óptima producción (Curtis et al., 69, 2003); de fácil obtención, renovables (Aldana et al., 2000).

La composición quimio taxonómica de la familia Laurácea, se caracteriza por la presencia de metabolitos como: acetogeninas (de acción contra la herbívora), ácidos grasos, aceites esenciales (mono y sesquiterpenoides), diterpenoides, triterpenoides, saponinas, alcaloides, fenilpropanoides (lignanos y neoligninas), polifenoles y flavonoides, carbohidratos, fitosteroles, grasas, derivados de ácidos grasos, carotenoides y derivados de ácido abscísico (Hegnauer, 1980; Ramos-Jerz, 2007).

En el aguacate se produce un tipo especial de derivados de ácidos grasos de cadena larga, presentes en los ideoblástos, de los cuales se ha demostrado su acción biológica. Este tipo de compuestos poseen propiedades citotóxicas en varios insectos, además de ser potentes bactericidas. Los idioblástos de aguacate contienen compuestos (alcaloides, hidroperóxidos, sesquiterpénicos y probablemente otros terpenos), responsables de una actividad biológica insecticida. (Flórez et al. 2011).

3.2.2. Clasificación botánica

La siguiente tabla nos muestra la clasificación botánica de *Persea americana*, en ella se pueden observar nueve (9) categorías taxonómicas con sus respectivas clasificaciones.

Tabla 1.

Clasificación Botánica Persea americana.

Clasificación	Botánica
Especie	*Persea americana*
Genero	*Persea*
Familia	Lauráceae
Tribu	Perseae
Orden	Laurales
Clase	Magnoliopsida
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta

Nota: Datos tomados de la Universidad de San Carlos de Guatemala (2006).

3.2.3. Descripción botánica (Variedad Lorena)

Como lo indica el DANE (2015), esta variedad se comporta muy bien a bajas altitudes; sin embargo, se ha visto con muy buen comportamiento en las zonas cafeteras de Colombia, hasta los 1.500 m.s.n.m. Esta variedad está bastante difundida en zonas medias y cálidas. Los frutos son de forma alargada, ligeramente oblicuos de tamaño grande; alcanzan pesos de 400 a 600 gramos y miden 14,69 cm de largo por 9,13 cm de ancho; la corteza es lisa, lustrosa, con abundante punteado o lenticelas; la pulpa contiene grasa en un 7 a 9 % y fibra en un 4,61 %; la semilla es de tamaño mediano, ovoide y simétrica, con mediana adherencia a la pulpa. Cabe indicar que el cultivar Lorena presenta tres floraciones durante el año y la cosecha se realiza una vez el fruto alcance la madurez fisiológica, la que por lo general se da desde mediados de noviembre a febrero y de abril a julio. La relación cáscara: semilla: pulpa es 5:15:80 %, respectivamente.

3.2.4. Composición de *Persea americana*

La palta: compuestos bioactivos y sus potenciales beneficios en salud escrito por Vivero et al. (2019), caracterizan la palta por su alto contenido de lípidos, principalmente por ácido

oleico (>50% de lípidos totales) y rica en fitoquímicos como vitamina E, carotenoides, polifenoles y luteína, compuestos asociados a una fuerte actividad antioxidante.

Amórtegui (2001), afirma que es considerado una fuente de energía debido a su alto contenido de carbohidratos y de grasas monoinsaturadas. Las vitaminas más importantes que aporta el aguacate a la dieta alimenticia son las del complejo B, la A, C y E. También contiene proteínas, calcio, magnesio, potasio, hierro y fósforo. Industrialmente, centrifugando la pulpa, se extrae un aceite tan fino y alimenticio como el aceite de oliva. Sus grasas también son utilizadas en la fabricación de cosméticos, cremas y jabones.

El fruto del aguacate tiene muy poca riqueza en azúcares, mientras su contenido en proteínas es el más elevado de todas las frutas frescas (Núñez, 2019). De igual manera, se destaca su riqueza de sales minerales, ácidos orgánicos y vitaminas liposolubles (Chunga, 2014).

En las propiedades composicionales, estructurales y fisicoquímicas de las semillas de aguacate y sus potenciales usos agroindustriales descritas por Ávila (2023) exhiben la semilla de aguacate como nutricionalmente valiosa, al igual que las demás partes de la planta, con base en los fitoquímicos y los nutrientes que la constituyen (Belete et al., 2019). De acuerdo con diversos autores, las harinas de las semillas de aguacate están compuestas por minerales (Ca, Zn, K, Na, P, Fe, Cu, Pb y Co), vitaminas (A, B1, B2, B3, C y E), aminoácidos esenciales como lisina, metionina y triptófano, y diversos compuestos fitoquímicos (alcaloides, flavonoides, taninos, saponinas, oxalatos, fenoles, ácidos fíticos y ascórbicos) (Belete et al., 2019; Emelike et al., 2020). Sin embargo, dentro de los compuestos fitoquímicos presentes en las semillas de aguacate, algunos de estos son tóxicos: el ácido fítico, el oxalato y los taninos.

El aceite de semillas de aguacate tiene beneficios nutricionales para la salud humana, lo que convierte a la semilla de aguacate en una fuente alternativa potencial de esta materia prima

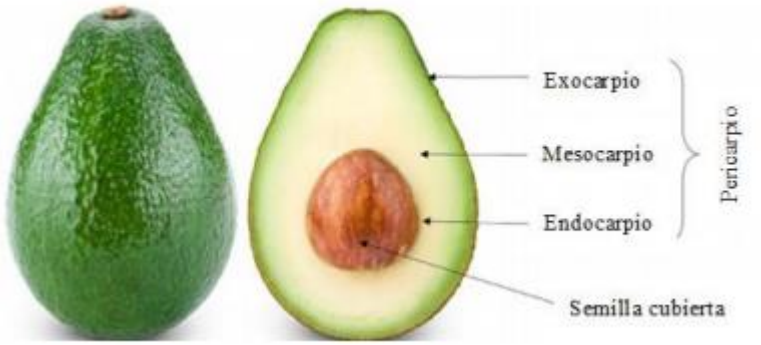
para su uso en la industria alimenticia y cosmética (Surukite et al., 2013), complementariamente, esta fuente ha sido ampliamente estudiada por otros autores debido a su rica composición en vitaminas, minerales compuestos fenólicos, flavonoides, ácidos grasos y perseninas, ya que le hacen un elemento valioso para las formulaciones alimentarias (Páramos et al., 2020).

En una investigación realizada por Moreno y Aldana (2019) en donde estudian la valorización de metabolitos secundarios presentes en la semilla de aguacate (*Persea americana*), destacando el uso de tres variedades de aguacate, Hass, criollo y lorena, realizando la extracción de tres metabolitos secundarios, el primero se refiere al extracto de la semilla completa (Sc), seguido del extracto de la semilla sin cubierta seminal (Se) y por último el extracto de la cubierta seminal (Cs). La cubierta seminal tiene variadas y numerosas capas (Figura 7), además cuenta con capas lignificadas, y almacena gran cantidad de celulosa y lignina, está cubierta cuenta con una gran cantidad de poros, León (como se citó en Priegos et al. S.F) indica que la semilla de aguacate está compuesta por cubierta seminal y embrión, carente de endospermo en la madurez. Por su parte, Cummings y Schroeder (1942) mencionaron que la semilla de aguacate está formada por dos cotiledones pulposos y de una plúmula, hipocótilo y radícula que están adheridas centralmente a los cotiledones, rodeadas por dos cubiertas seminales adheridas estrechamente, no existiendo endospermo en la madurez del fruto. Volviendo a la investigación, al analizar el contenido de metabolitos secundarios en la semilla de las tres variedades mencionadas anteriormente los investigadores hallaron que la semilla de la variedad Lorena presentó una mayor concentración de compuestos fenólicos y flavonoides; al realizar la identificación de saponinas en las muestras de semillas de aguacate evaluadas, se encontró una gran proporción de estas en las variedades Lorena y criolla, en el análisis fitoquímico realizado a

las semillas de aguacate, se estableció que la variedad Lorena posee una presencia moderada de taninos en su semilla.

Figura 7.

Anatomía del fruto de aguacate.



Fuente: Megwaza & Tesfay (2015)

4. Antecedentes

A continuación, se tendrán en cuenta artículos científicos en los cuales se hace referencia al uso de la semilla del aguacate como efecto larvicida de *Aedes aegypti.*

Según Rosalinda et al (2014) en su artículo sobre la actividad larvicida de *Persea americana, mill,* contra el *Aedes aegypti,* en el cual evalúa la toxicidad de los extractos en etanol y hexano de las diferentes partes de *Persea americana Mill,* hacía larvas de tercer y cuarto estadio de *Aedes aegypti* y caracterizar el extracto etanólico mediante análisis fitoquímico cualitativo, dio a conocer la presencia de diferentes fitoquímicos en las semillas de *P. americana,* como alcaloides, saponinas, flavonoides (leucoantocianinas), esteroides y triterpenoides insaturados, taninos, grasas y aceites, lo que puede atribuirse a sus potentes toxicidades contra *Ae. Aegypti,* vector del dengue. Por otro lado, la mortalidad de larvas se observó a las 24 h y 48 h después del tratamiento y los datos se sometieron a análisis probit para determinar las concentraciones letales (CL50 y CL90), los cuales arrojaron resultados de CL50 de 16,48 mg/L y CL90 de 45,77 mg/L, respectivamente. También se menciona en el artículo que los extractos de hexano y etanol fueron considerados bioactivos, ya que mostraron concentraciones letales (CL50 y CL90) extremadamente inferiores a 1000 mg/L.

En los extractos de semillas de *Persea americana (Mill.)*: Potencial medida de control de larvicidas a base de hierbas contra *Anopheles gambiae Gilés*, 1902 (Díptera: Culicidae) vector de malaria, Adesina, et al. (2016), indica que la tasa de mortalidad respecto a los extractos de *Persea americana mill* podría deberse a la presencia de metabolitos secundarios presentes en el extracto, que inhibe las etapas de desarrollo de los mosquitos, al interactuar con la membrana de la cutícula o las larvas, desorganizando finalmente la membrana, lo cual es una razón probable para la muerte larval.

La actividad reguladora de crecimiento en insectos con productos naturales señala a metabolitos secundarios que provocan inestabilidad hormonal, lo que impide el desarrollo normal del insecto. Dicho desequilibrio genera mudas prematuras o tardías y la muerte de los individuos al ser imposible emerger de las pupas (Leyva et al., 2017).

Estudios como el de Silva (como se citó en Nascimento, 2012) sugiere que las larvas de *Aedes aegypti*, susceptibles a la composición de algunos aceites esenciales. El autor también menciona que el uso de productos naturales puede considerarse una importante alternativa insecticida para el control de estas larvas. Nascimiento menciona que los géneros de plantas capaces de producir los compuestos que constituyen aceites esenciales se distribuyen en un número limitado de familias como *Myrtaceae, Lauraceae, Rutaceae, Lamiaceae, Asteraceae, Apiaceae, Cupressaceae, Poaceae, Zingiberaceae y Piperaceae.*

Como se cita en Agrela et al. (2014), los productos extraídos a partir de las plantas han mostrado toxicidad frente a adultos y larvas de mosquitos pertenecientes a la familia *Culicidae* (Pérez y Iannacone, 2004; Bagavan et al, 2009; Raghavendra et al, 2009; Kamaraj et al, 2010; Madhu et al, 2010; Kamaraj et al., 2011) y, por ende, tienen gran potencial para ser utilizados como herramientas en el control de especies de mosquitos vectores de enfermedades. Por otro lado, se ha descrito la actividad larvicida de extractos obtenidos a partir de la semilla del aguacate sobre larvas de *Aedes aegypti* (Oberlies et al., 1998; Ramos et al., 2007; Leite et al., 2009).

Aguirre et al. (2018) en su artículo científico sobre la actividad larvicida de extractos vegetales de la familia *Asteraceae* y modelación matemática para su uso en el control de poblaciones de *Aedes aegypti*, evalúan los extractos etanólico de *jaegeria hirta* (botón amarillo), *Austroeupatorium inulaefolium* (jarilla blanca) y *Heliopsis oppsitifolia* (geralda), presentes en la

flora colombiana, para controlar el vector de los virus del dengue, chikunguña y zika, escogiendo principalmente estas para la elaboración de potenciales larvicidas de origen vegetal, ya que son de fácil consecución, cultivo y poca inversión económica para su mantenimiento. Adicionalmente, a esto, las plantas en general son una fuente rica de agentes alternativos (ecológicamente amigables) para el control de mosquitos vectores de enfermedades, dado que poseen productos químicos bioactivos que actúan en contra de un número limitado de especies, (Govindarajan, 2016). Seguido de esto, algunos compuestos derivados de plantas tales como: taninos, quinonas, flavonoides, esteroles, cumarinas y alcaloides son utilizados ampliamente como potenciales larvicidas (Sarwar, 2015), metabolitos secundarios presentes en las especies evaluadas.

Bobadilla (como se citó en Agrela et al, 2014) en el estudio del efecto larvicida de extractos metanólicos obtenidos de semillas y hojas de *Persea americana* sobre *Aedes aegypti*, los resultados obtenidos muestran que ambos extractos tienen efecto letal sobre larvas de *Ae. aegypti;* no obstante, el efecto larvicida del extracto metanólico obtenido a partir de la semilla es superior al efecto letal ocasionado por el extracto metanólico obtenido a partir de la hoja; esto, relacionado con el hecho de que la semilla es un órgano de reserva y donde, muy probablemente, se concentren los principios activos capaces de causar toxicidad sobre las larvas en comparación con la hoja que mostró menor toxicidad (Bobadilla, 2005).

Como lo menciona el artículo de investigación, estado del arte de la especie *Persea americana Mill* (aguacate), el cual tiene como objetivo la investigación de la actividad larvicida de extractos de semilla de *Persea americana* extraídos con etanol y acetato de etilo con valores de LC50 de 1.79 ppm y 2.732 ppm, muestran una mortalidad del 100% a 200 ppm y 600 ppm doce horas después de la exposición, respectivamente, planteando que el contenido de esta planta

debe ser explorado y optimizado para servir como fuente de productos larvicidas que sean efectivos y respetuosos con el medio ambiente (Núñez, C et al,2019).

5. Metodología

La metodología adoptada en el presente estudio se basó en condiciones experimentales de laboratorio, considerando la información del vector a tratar, como su morfología y comportamiento; como material biológico se usaron semillas de *Persea americana* (Aguacate, variedad Lorena), esta se obtuvo del cultivo rural del municipio de Macaravita, Santander, ubicado en Colombia a unos 2320 m.s.n.m (Alcandía Municipal de Macaravita, 2017).

Las larvas de mosquito de estadio tres y cuatro de *Aedes aegypti* se obtuvieron en el laboratorio de Zoonosis de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, sede Bosa El Porvenir.

Tipo de estudio

En el desarrollo del proyecto, la investigación se hizo experimental, basada en objetivos de diagnóstico funcional. Se evaluó el larvicida obteniendo una posible solución al problema y por último se realizaron los análisis correspondientes con base al desarrollo del proyecto.

5.1. Procesamiento de semillas de aguacate.

Las semillas del aguacate fueron lavadas con agua corriente y sometidas a deshidratación a temperatura de 95°C aproximadamente por 30 minutos (Arboleda, 2020).

Una vez se secaron las semillas del aguacate, se martillaron para reducir el tamaño (Anexo A), siendo más fácil la pulverizarón con un molino convencional manual marca corona (Anexo B), obteniendo 500 gramos de material vegetal triturado; empaquetados en cartuchos cilíndricos de papel filtro de unos 45 gramos cada uno (Anexo C).

5.2. Preparación del extracto vegetal

Tras la filtración de sólidos, se introdujeron en el extractor Soxhlet usando como solvente Etanol al 96%, para remover los aceites esenciales. Realizando aproximadamente 5 a 6 sifonajes

en un periodo de tiempo entre los 50 minutos a 1 hora, con 15 minutos a temperatura de ±400 °C (Anexo D) (Lamarque et al, 2008).

5.3. Destilación de la solución obtenida

La extracción de las propiedades del aguacate en la solución realizada en el paso anterior fue llevada al proceso de destilación a presión reducida con el equipo Rotaevaporador IKA RV 10 (Anexo E). Para ello, se introdujo la solución obtenida en un balón aforado de fondo redondo a una velocidad de 100 RPM, utilizando un baño maría a 60 °C y vacío de 175 milibares, con el fin de que el etanol llegara al punto de ebullición a una temperatura inferior a la habitual, acelerando el proceso (López et al., 2005).

Una vez el etanol se separó del extracto por destilación se retiró el balón con el extracto puro del aguacate, el cual fue colocado en un recipiente de vidrio de color ámbar (Anexo F), conservándolo hasta la realización de los bioensayos a temperatura de refrigeración entre 4 y 8 °C para evitar cambios en su composición por alteración de sus principios activos debido a la influencia de la luz o choques térmicos hasta el momento de su utilización (La Salle, 2019).

5.4. Crianza de larvas de *Aedes aegypti*

Para la obtención de las larvas se colocaron los huevos de *Aedes aegypti* en un recipiente de polietileno con agua reposada con temperatura controlada de 25± 1 °C y sin cloro durante cinco (5) a siete (7) días, dentro de una cámara de crecimiento con temperatura, humedad y periodos de luz/oscuridad controlados, tiempo necesario para alcanzar el estadio cuatro de desarrollo. Se alimentaron con comida para peces, ya que contiene lo necesario para su normal desarrollo (Danis y Correa, 2021).

5.5. Preparación de las concentraciones de extracto de *Persea americana*

Se prepararon seis disoluciones del extracto etanólico de *Persea americana* (aguacate) con el fin de exponer las larvas de *Aedes aegypti* a distintas concentraciones ascendentes de 20, 30,40,50,60 y 70 ppm del extracto, midiendo sus efectos letales con el paso del tiempo, con intervalo de seguimiento de 12 horas.

Se tuvo un blanco, el cual constaba de agua declorinada para evitar la desecación de los individuos. Además, se proporcionaron idénticas condiciones de alimentación y fotoperíodos de 12 horas, luz/oscuridad, temperatura controlada de 25± 1°C, humedad relativa entre 70 y 80% en cámara ambiental de crecimiento durante el tiempo que duraron los bioensayos (Mulla et al., 2004).

5.6. Bioensayo

Se emplearon 750 larvas de *Aedes aegypti* en cuarto estadio. Las larvas se dividieron en seis grupos experimentales con el propósito de tener cuatro (4) repeticiones con 25 especímenes contenidos en vasos plásticos de polipropileno transparente con capacidad de 200 ml, correspondiente a las disoluciones del extracto en concentraciones de 20,30,40,50,60 y 70 ppm disuelto en agua declorinada y su respectivo testigo, el cual solo tenía agua declorinada.

Los montajes de las cuatro muestras (Anexo G) junto con el testigo se dejaron dentro de la incubadora a 27°-30° C. Tanto a las larvas de cada tratamiento experimental como la de los testigos se les adicionó alimento para peces, para garantizar que la mortalidad no se deba a la falta de alimentación o condiciones no favorables para el desarrollo larvario (Teuta y Bolaños, 2020).

5.7. Recolección de los datos

Se llevó a cabo el seguimiento de mortalidad pasadas las 0, 12, 24, 36 y 48 horas; con la ayuda de una aguja de punta roma o de un asa redonda, se realizó el control de aquellas larvas que no presentaban movilidad o reacción al contacto, esto se verificó mediante el estereoscopio, buscando movimientos respiratorios y/o espasmos corporales que permitieran evidenciar vitalidad en las larvas (Aguirre et al., 2018). Con el objetivo de llevar un control sobre cada grupo experimental, se realizó el seguimiento en una bitácora, documentando las mortalidades respecto al tiempo y la concentración (Anexo H).

5.8. Manejo de datos

Con los datos obtenidos de las repeticiones del bioensayo, se procedió a realizar un análisis estadístico implementado herramientas como Abbott, Probit, Excel y Anova, para obtener resultados precisos y confiables. Abbott se utilizó como punto de partida para la corrección de la mortalidad con base a los grupos testigos, es decir, si la mortalidad se debe al estímulo del tratamiento y no a causas externas al experimento o causas naturales. Anova nos permitió determinar si existió alguna diferencia significativa entre los tratamientos experimentales y respecto del grupo control, lo que nos permitió rechazar o confirmar la presencia de la hipótesis nula (H0) y alternativa (H1).

Usando el ensayo Probit, que es un método estadístico mediante el cual se estiman las concentraciones letales efectivas en un ensayo biológico, se determinó la concentración Letal 50 (CL50) y la concentración Letal 90 (CL90), así como el tiempo hasta la muerte del 90 por ciento de las larvas para las mejores concentraciones efectivas (TL 90).

5.8.1. Abbott

Para el análisis, se realizó el cálculo de los porcentajes de mortalidades relacionadas con el periodo de tratamiento para cada concentración, esta se hizo mediante la herramienta Excel. Las estadísticas de mortalidad se corrigieron usando la ecuación de Abbott como se puede evidenciar en la ecuación 1 para conocer la mortalidad causada por el tratamiento y no por causas naturales (Lagunes y Vázquez, 1994).

Ecuación 1.

Ecuación de Abbott

$$\%MC = \frac{\%MTratamiento - \%MTestigo}{100 - \%MTestigo}$$

Fuente: Lagunes y Vázquez (1994)

Donde:

%MTratamiento: mortalidad acumulada del tratamiento

%MTestigo: mortalidad acumulada del testigo

%MC: mortalidad corregida en porcentaje

5.8.2. Anova

El análisis de varianza de ANOVA de un factor se ejecutó mediante la comparación de los promedios de los tratamientos realizados, permitiendo contrastar con la hipótesis nula (H0) donde las medias son iguales y una hipótesis alternativa (H1) (Vargas, 2007).

Hipótesis nula (H0): No hay diferencias entre los promedios de la mortalidad de los tratamientos aplicados a las larvas.

Hipótesis alternativa (H1): Existen diferencias significativas entre las mortalidades generadas de los bioensayos a los que se exponen los ejemplares. Donde los promedios de mortalidad media de los tratamientos por lo menos un par tienen diferencia relevante.

De acuerdo con lo anterior, se rechaza la hipótesis alternativa (H1) cuando al obtener los datos de los tratamientos no tendría alguna significancia en los resultados de las mortalidades, se rechaza la hipótesis nula (H0) cuando las concentraciones de los tratamientos si inciden o tienen importancia en el porcentaje de mortalidad de las larvas. Es importante tener en cuenta que la hipótesis alternativa (H1) no se tiene en cuenta cuando P-valor >0.05; por el contario es válida cuando P-valor<0.05 (Cruz, 2017).

Se calculó el P-valor mediante el software R con análisis ANOVA de un factor.

5.8.3. Probit

Este procedimiento permite medir la relación entre la intensidad de un estímulo y la proporción de casos que presentan una cierta respuesta a dicho estímulo. Aplicando esta herramienta se pudo determinar la fuerza de la relación entre la concentración y la mortalidad, determinando cuál fue la concentración del extracto etanólico de la semilla de aguacate adecuada para asegurar la letalidad del 50% y 90% en larvas de cuarto estadio de *Aedes aegypti* en el laboratorio para el tiempo de 48 horas en el que se realizaron los bioensayos (International Business Machines [IBM], 2023).

Probit también permite graficar los resultados para los tiempos letales necesarios para obtener mortalidades altas. Esto se llevó a cabo para tener una certeza del tiempo necesario en cada bioensayo realizado. Esta herramienta facilitó la obtención de resultados sin necesidad de realizar bioensayos adicionales (Ávila y Rodríguez, 2020).

6. Resultados

A continuación, se evidencian los resultados de mortalidad a partir de las diferentes concentraciones del extracto etanólico de *Persea americana* como larvicida contra *Aedes aegypti,* donde los resultados de cada tratamiento fueron registrados, como anteriormente se mencionó, a base de estos datos y mediante la fórmula de Abbott se corrigió el porcentaje de la letalidad, y se llevó a cabo la curva de mortalidad en función del tiempo según la concentración utilizada en los diferentes tratamientos.

6.1. Eficiencia del extracto de *Persea americana* como larvicida a diferentes concentraciones

Con respecto a la eficiencia del extracto (tabla 2), se realizó contraste de los bioensayos con el grupo de control. Esto se realizó para comparar la mortalidad de las larvas sometidas a los diferentes tratamientos. Los porcentajes obtenidos se ajustaron de acuerdo con el grupo de control mediante la ecuación de Abbott. Donde la mortalidad en el tratamiento de control fue del 1%. Es decir, que la mortalidad de las larvas de *Aedes aegypti* no proporciona una diferencia significativa del número total de larvas utilizadas (750).

Tabla 2.

Porcentajes de mortalidad acumulada de las larvas de Aedes aegypti con extracto de semilla de Persea americana.

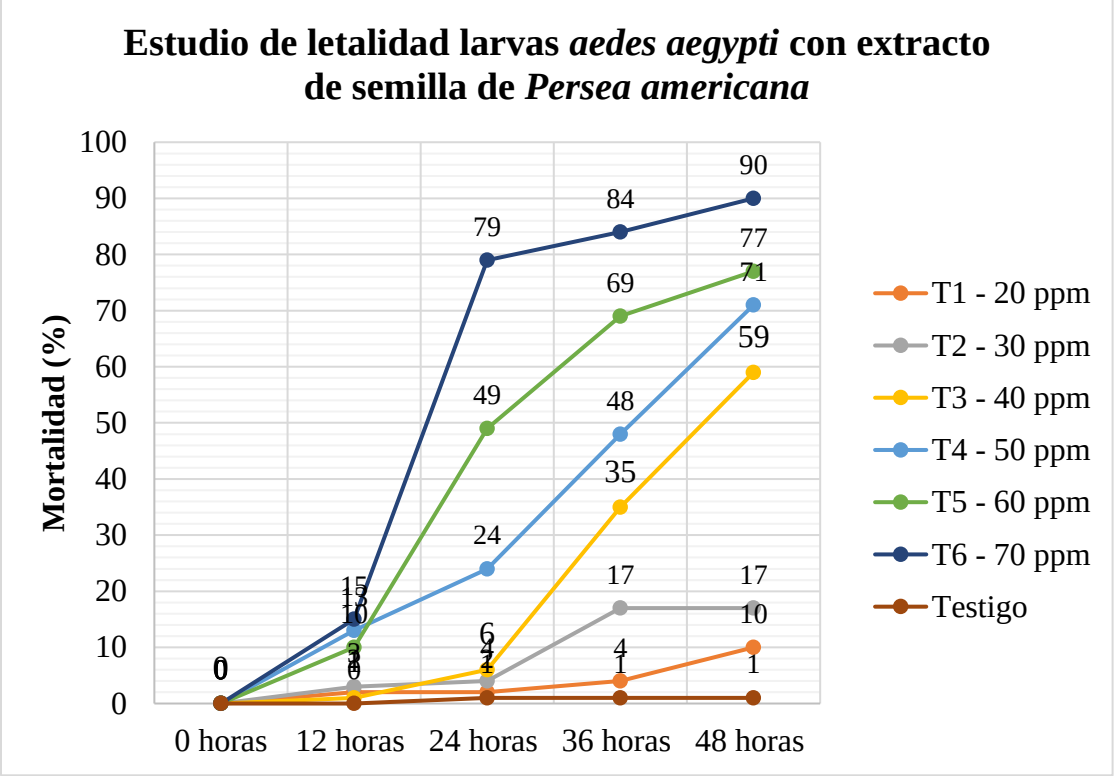
Tratamiento	**Mortalidad lavas *Aedes aegypti* (%)**				
	0 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas
T1 - 20 ppm	0	2	2	4	10
T2 - 30 ppm	0	3	4	17	17
T3 - 40 ppm	0	1	6	35	59
T4 - 50 ppm	0	13	24	48	71
T5 - 60 ppm	0	10	49	69	77
T6 - 70 ppm	0	15	79	84	90
TESTIGO	0	0	1	1	1

Nota: Elaboración propia.

Con respecto a la Figura 8, muestra que a 0 horas de exposición no se presentó letalidad. Se deduce que los principios activos del aguacate a dicha hora no son tóxicos. En cambio, a las 12 horas se empezó a evidenciar mortalidad en casi todas las concentraciones empleadas. Por lo tanto, la mortalidad final fue mayor a medida que la concentración aumentaba.

Figura 8.

Estudio de la letalidad de larvas Aedes aegypti con extracto de semilla de Persea americana.



Nota: Datos procesados con la herramienta Excel. Fuente: Elaboración propia

Con el tratamiento experimental T1 a 20 partes por millón (ppm) del extracto de aguacate, se evidencia un 2 % de letalidad en la primera lectura a las 12 horas, aumenta a 4 % tras 36 horas y se alcanza un máximo de mortalidad del 10 % tras 48 horas de exposición, al final

del seguimiento, siendo el porcentaje de mortalidad más bajo con respecto a los demás bioensayos.

Para el tratamiento experimental T2, a una concentración de 30 ppm se registra una mortalidad del 3% en la lectura de las 12 horas, incrementa a 4% a las 24 horas, asciende al 17% al cabo de 36 horas y se mantiene igual para la lectura de 48 horas, siendo 17% la mortalidad máxima alcanzada con este tratamiento.

Con el tratamiento T3 a 40 ppm, se encuentra un 1 % de letalidad a las 12 horas, hay un incremento a 6 % tras 24 horas, continúa ascendiendo hasta 35 % a 36 horas y la mortalidad final a 48 horas de seguimiento es del 59 %.

Con el tratamiento T4 a 50 ppm, se registra 13 % de letalidad en la lectura de 12 horas, aumenta al 24 % tras 24 horas, continúa esta tendencia ascendente y se registra 48 % de letalidad a 36 horas y alcanza una mortalidad final del 71 % tras 48 horas.

Con el tratamiento T5 a una concentración de 60 ppm se encontraron letalidades del 10% a las 12 horas, 49% a las 24 horas, 69% a las 36 horas y se llega a una mortalidad final del 77% después de 48 horas de exposición al extracto a esta concentración.

El tratamiento T6, que se trabajó a una concentración de 70 ppm, fue el que mostró mejores resultados, llegando al 15 % en las primeras 12 horas de exposición, incrementando al 79% a las 24 horas, creciendo al 84 % a las 36 horas y finalizando en 90 % de letalidad al final de las 48 horas de seguimiento.

En contraste con los tratamientos experimentales, el testigo mostró un 1 % de letalidad a las 24 horas. Se mantuvo sin incremento hasta el final del tiempo experimental (48 horas de seguimiento). Lo que indica que la mortalidad del testigo es insignificante y que la mortalidad de

estas larvas ocurrió por causas ajenas a la toxicidad del extracto y no tiene ninguna influencia sobre las mortalidades en las diferentes concentraciones, Ardila et al, (2023).

6.2. Análisis estadístico

Para realizar el análisis estadístico de los resultados a través de los bioensayos se usaron cuatro (4) herramientas estadísticas ya explicadas anteriormente, Excel, Probit y Anova.

En la (Figura 9) se puede contemplar la gráfica correspondiente al tratamiento de 60 y 70 ppm en los cuales se observó asimetría sesgada hacia el cuartil superior, lo cual indica que tiene valores altos de mortalidad total de las larvas de *Aedes aegypti.* Ninguno de los dos tiene valores atípicos.

En cuanto a los tratamientos 30,40 y 50 ppm, como se evidenció en la figura 9, se observó una asimetría sesgada respecto al valor central (media) hacia el cuartil inferior, lo cual indica que tiene valores bajos de mortalidad en las larvas de *Aedes aegypti.*

Respecto al tratamiento número 1 de 20 ppm, se observó un valor atípico, el cual está fuera del rango esperado de valores.

En cuanto a la figura 9, muestra el grupo testigo en el cual se puede distinguir una asimetría sesgada hacia el cuartil inferior, donde se evidenció valores bajos de la mortalidad total. En cuanto al tratamiento testigo, mantuvo valores similares es las diferentes réplicas. Se evidenció que el bioensayo se realizó en las condiciones equivalentes.

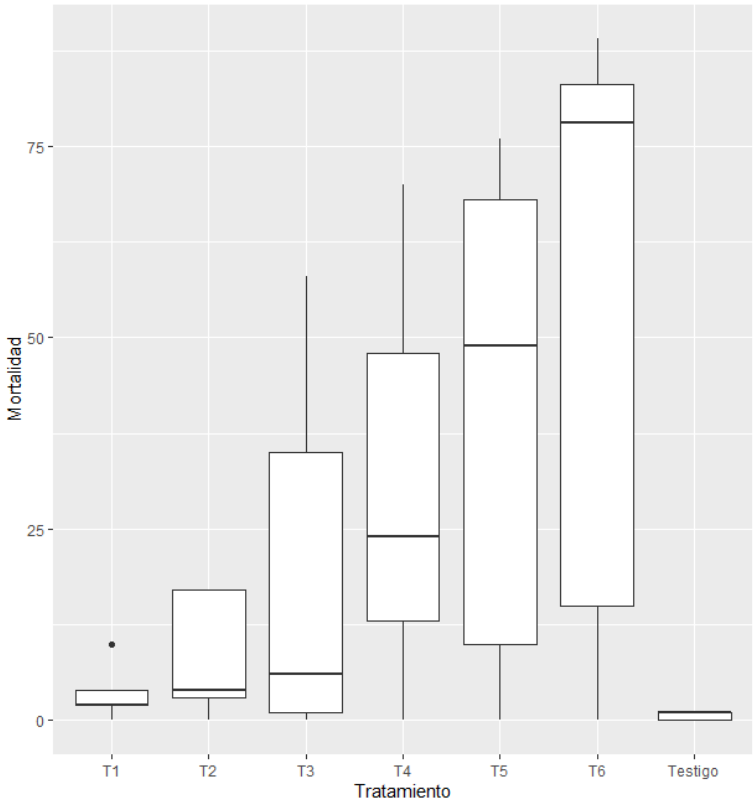
Por consiguiente, se considera que el generar un cambio en el tratamiento se ve una manifestación en los cambios de los valores de las mortalidades, desde una perspectiva descriptiva se visualiza que ciertos tratamientos son más beneficiosos que otros, debido a que

para ellos se detecta un mayor nivel de mortalidad, valiendo este como un resultado sustancial para analizar la efectividad del tratamiento.

De tal forma se observó que a medida que se incrementa la concentración del extracto etanólico de aguacate en cada uno de los tratamientos aumenta el porcentaje de deceso de larvas en cuarto estadio de *Aedes aegypti*.

Figura 9.

Diagrama de cajas y bigotes, mortalidad final.



Nota: Datos procesados en el software R, 2023. Fuente: Elaboración propia

6.3. Análisis anova

Para el análisis estadístico ANOVA, se empleó el software R, por el que se verificaron dos hipótesis; la hipótesis nula (H0) y la hipótesis alternativa (H1), para demostrar si hubo una diferencia significativa en los promedios de mortalidad acumulada en cada tratamiento utilizado en la investigación

Tabla 3.

Análisis estadístico ANOVA de un factor.

	Df	**Sum sq**	**Mean sq**	**F value**	**Pr(>f)**
Tratamiento	6	11888	1981,4	3,111	0,0183
Residuals	28	17830	636,8		

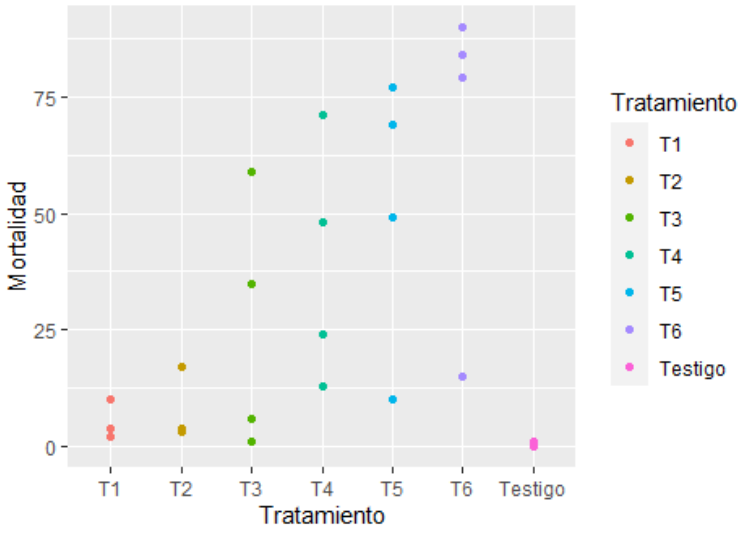
Nota: Datos procesados en el software R, 2023. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 3, se observan los resultados del análisis de varianza anova, indica que el valor de P es inferior a 0.05, lo que permite, la hipótesis alternativa (H1) indicando que él extractó etanólico de aguacate sí tiene un efecto larvicida sobre las larvas de cuarto estadio de *Aedes aegypti*, ya que al aumentar la concentración se ve una diferencia significativa de mortalidad (Ávila y Rodríguez, 2020).

Esto es válido porque al observar los datos del análisis, el valor P, es decir, el valor de probabilidad es 0.0183, menor a 0.05, lo que permitió rechazar la hipótesis nula.

Figura 10.

Diagrama de dispersión Anova de un factor.



Nota: Datos procesados en el software R, 2023. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 10 se observa los porcentajes de las mortalidades de cada concentración, en el que se evidencia que hay una diferencia significativa entre cada bioensayo, lo que indica que efectivamente sí existe una diferencia entre la incidencia que tiene cada concentración. En las larvas expuestas, las concentraciones con mayor diferencia fueron entre 30 ppm y 40 ppm, con un incremento de unas 40 ppm en las que hay un incremento de mortalidad entre cada incidencia del tratamiento. En el caso del incremento aproximado del 20% fueron las concentraciones 40 ppm y 50 ppm, entre 60 ppm y 70 ppm, para las que muestran la menor diferencia se evidenció en las concentraciones de 20 ppm y 30 ppm, entre 50 ppm y 60 ppm que equivale a un 10% aproximadamente de diferencia entre cada incidencia del tratamiento, demostrando que no existe un crecimiento contante de mortalidad en el tratamiento implementado.

Las concentraciones que presentaron menor homogeneidad fueron a 40 ppm, 50 ppm y 60 ppm, es decir, hay mayor dispersión entre los datos obtenidos a partir de los bioensayos, caso

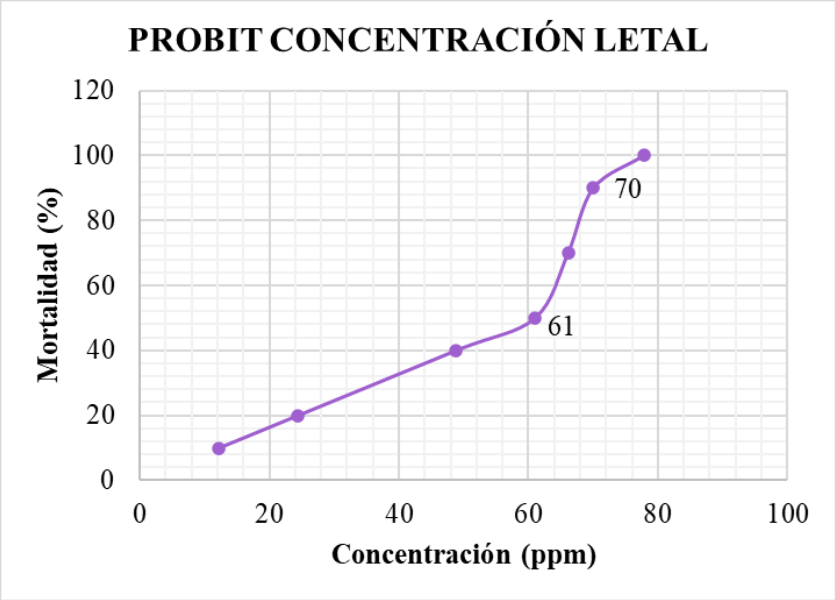
contrario a la mayor homogeneidad que se evidencia en las concentraciones de 20, 30 y 70 ppm, siendo este último el mayor porcentaje de mortalidad, presentando un 90% respectivamente. Asimismo, mostrando resultados óptimos en cuanto al porcentaje de letalidad de las larvas de estadio IV de Aedes aegypti.

6.4. Análisis de Probit para el cálculo de las concentraciones letales CL90 y CL50

Para determinar las concentraciones letales se utilizó el modelo estadístico Probit realizada con la herramienta de Excel con el fin de graficar el aumento progresivo de las mortalidades con respecto a las diferentes concentraciones, donde se puso en evidencia las concentraciones letales específicas, para dar a conocer la mortalidad del 50% y 90% (CL50 y CL90) del extracto etanólico de *Persea americana* (aguacate) sobre las larvas de cuarto estadio de *Aedes aegypti*.

Figura 11.

Probit, concentración letal



Nota: Datos procesados con la herramienta Excel. Fuente: Elaboración propia

En la figura 11 se muestran concentraciones letales específicas del extracto etanólico de aguacate, obteniendo que CL50 se encuentra a 61 ppm con un límite de confianza entre 49 y 75 ppm. En cuanto a la concentración letal, CL90 se encontró en 70 ppm con límites de confianza entre 62 y 87 ppm (Figura 11).

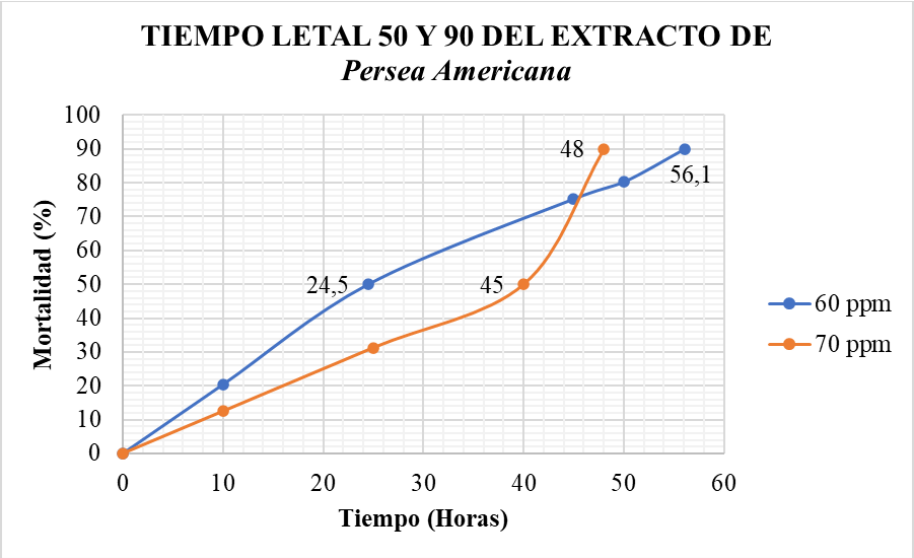
El 50 % de las larvas expuestas al extracto etanólico de aguacate a concentración de 61 ppm presentarían mortalidad transcurridas las primeras 48 horas. Mientras que el 90% de las larvas expuestas al extracto a concentración de 70 ppm habrán muerto transcurridas las 48 horas.

6.5. Análisis de tiempo letal TL50 y TL 90 a concentración de 60 y 70 ppm de *Persea americana*

El tiempo letal nos permite registrar la producción de muerte, ya que este es el tiempo promedio transcurrido en las larvas, desde la exposición del extracto hasta su muerte. El parámetro que nos permite una mayor exactitud es el TL50 y TL90 % que hace referencia al 50% y 90% respectivamente de las larvas expuestas al extracto (Universidad de Jaén [ujaen], 2022).

Figura 12.

Tiempo letal 50 y 90 del extractó de Persea americana



Nota: Datos procesados con la herramienta Excel. Fuente: Elaboración propia

En la figura 12 se encuentran las concentraciones frente al tiempo de exposición, el tiempo letal TL50 se logra a 60 ppm estimada para ser efectiva transcurridas las 24.5 horas obteniendo una mortalidad del 50 %, a partir de ello se estima que para alcanzar el 90 % de letalidad se necesita una exposición de 56.1 horas. Cabe mencionar que para que se produzca una letalidad en concentraciones de 60 ppm (CL50 Y CL90) hay que exponer las larvas a una toxicidad aguda en 3 días de exposición.

Al aplicar una concentración de 70 ppm del extracto en el medio con las larvas, se determina que el tiempo letal TL50 se logra alcanzar transcurridas 45 horas en donde habrá alcanzado el 50% del total de muertes de larvas en estadio IV de *Aedes aegypti*, partiendo de ello se estima que la letalidad del 90% se alcance las 48 horas de realizar el bioensayo (Figura 12).

Esta concentración es la más efectiva, debido a que no solo la primera en dar resultados de tiempo al exponer el organismo al extracto para evaluar la letalidad, sino que también es la concentración que alcanza la mayor mortalidad en menor tiempo.

7. Discusión de resultados

Respecto a los resultados obtenidos, pasadas las 12 horas de exposición de las larvas, se empieza a evidenciar la letalidad en casi todas las concentraciones empleadas y la mortalidad final al cabo de 48 horas expuesta a la concentración más alta (70 ppm) fue del 90%, es decir a mayor concentración, mayor mortalidad; esto se puede atribuir a las propiedades biológicas que tiene *P. americana Miller,* descrita por Andrino (2008) en donde se mencionan metabolitos como la Persina, la cual cuenta con propiedades como fungicida, insecticida, antialimentario y tóxico en mamíferos, seguido a esto los alcanos, alquenos y alquinos que actúan como antibacterianos, fungicidas, antitumorales insecticidas (hojas y frutos), los avocadofuranos que contienen actividad insecticida y por último el estragol que contiene una propiedad insecticida. Consecuentemente, era de esperarse que la semilla del aguacate usada como larvicida en esta investigación mostrara resultados significativos en larvas de cuarto estadio del mosquito *Aedes aegypti*.

Con respecto al trabajo titulado Las células idioblásticas de aguacate: fuente de productos naturales con actividad biológica en el control de *Spodophetra frugiperda*. Los resultados de Medina (2011) afirma que en el mesocarpio de *Persea americana Mill* se encuentran unas células especializadas llamadas idioblastos, pertenecientes en muchas plantas dicotiledóneas, almacenan aceites, grasas, lípidos, terpenos, flavonoides, lactonas, sesquiterpenicas y acetogenina. Asimismo, el aguacate contiene idioblastos en hojas, raíces, pedicelos, pedúnculos y frutos. Los idioblastos contienen compuestos (alcaloides, hiperoróxidos, sesquiterpénicos y otros terpenos) responsables de una actividad insecticida. Otro factor para afirmar que los resultados apuntan de manera positiva a la mortalidad de larvas de *Aedes aegypti* (Platt y Thomson, 1992).

Leyva et al, (2017) menciona que los metabolitos secundarios presentes en la semilla de *Persea americana* tienen una actividad reguladora de crecimiento en insectos, lo que provoca inestabilidad hormonal, lo que impide el desarrollo normal del insecto. Dicho desequilibrio genera mudas prematuras o tardías y la muerte de los individuos al ser imposible emerger de las pupas. Adesina, et al. (2016) también indica que la tasa de mortalidad respecto a los extractos de dicha planta podría deberse a la presencia de metabolitos secundarios presentes en el extracto, que inhibe las etapas de desarrollo de los mosquitos, al interactuar con la membrana de la cutícula o las larvas, desorganizando finalmente la membrana, lo cual es una razón probable para la muerte larval, evidenciada en la presente investigación y registrada a partir de las primeras 12 horas de exposición en la mayor parte de los tratamientos experimentales.

Aunque durante la realización de este estudio no se realizó una evaluación fitoquímica, esto con la finalidad de saber cuáles son los metabolitos secundarios presentes en los extractos evaluados, el autor Agrela (2014) afirma que investigadores han señalado la presencia de esteroides, triterpenos, sesquiterpenlactonas y ácidos grasos tales como 1, 2, 4 trihidroxi-nonadecane y el 1, 2, 4 trihidroxi-heptadecano (Oberlies et al., 1998; Ramos et al., 2007) en los extractos obtenidos a partir de la semilla de aguacate. De acuerdo con Ramos et al. (2007), la actividad larvicida está relacionada con triterpenos y sesquiterpenlactonas presentes en el extracto metanólico obtenido a partir de la semilla de *P. americana*; sin embargo, es probable que la actividad larvicida se deba a la combinación exacta de los diferentes componentes presentes en los extractos obtenidos a partir de la planta más que a un compuesto en particular; respecto a lo que el autor expone, se puede concluir que los extractos obtenidos a partir de la semilla del aguacate presenta una posible solución para el control de *Aedes aegypti*.

Serejo, et al. (2021) en su trabajo sobre la actividad larvicida de extractos hidroalcohólicos de *Persea americana Mill*. Semillas contra *Aedes aegypti,* obtuvieron los extractos por maceración en un disolvente extractante de etanol PA al 70%, con posterior concentración en roto evaporador. Se observó actividad contra larvas de *Aedes aegypti* con CL 50 que oscilaron entre 181,72 y 401,96 mg/L -1 con un intervalo de confianza del 95%. Lo cual es un poco mayor a los resultados obtenidos en la presente investigación donde el CL 50 fue de 61 PPM. Sin embargo, para analizar la eficacia de la actividad larvicida de los productos naturales, algunos estudios sugieren algunos criterios, ya que aún no existe un rango de concentración estándar para determinar la eficiencia de los productos naturales. Se debe considerar que estos criterios están relacionados con el tiempo de exposición a los bioproductos y el origen de las larvas, lo que puede cambiar los valores de CL50. Según Komalamisra et al. (2005), CL50 entre 100 y 750 mg L-1 son efectivas, hasta 48 horas de exposición. Por lo tanto, la CL50 obtenida para los extractos de semillas de *P. americana* obtenidos en el presente estudio se puede relacionar con alternativas efectivas en el control de *Aedes aegypti;* respecto a lo que menciona este autor y según el resultado de esta investigación la CL 50 de 61 PPM se encuentra dentro de los valores efectivos, además el 50 % de las larvas expuestas al extracto etanólico de aguacate a concentración de 61 ppm presentaron mortalidad transcurridas las primeras 48 horas. Finalmente, afirma que el extracto de *P. americana* tiene potencial de actividad larvicida, mostrándose como una alternativa sostenible para el control y combate de las larvas de *Aedes aegypti*.

Con referencia a la evaluación del extracto etanólico de semillas de *Persea americana* sobre las larvas de cuarto estado de *Aedes aegypti* , se busca comprobar la efectividad del extracto como agente larvicida, es por esto, que en la figura 8 (*gráfica del estudio de letalidad*

larvas Aedes aegypti, con extractos de semillas de Persea americana), dependiendo de la concentración aplicada, da como resultado un efecto diferente y con efectos muy interesantes.

Los primeros resultados de mortalidad se evidencian en el primer bioensayo de 20 ppm logrando una mortalidad del 10%, que fue aumentando significativamente en el siguiente bioensayo de 30 ppm con una mortalidad de 17%, con una diferencia entre las dos contracciones de 7%. Los bioensayos siguientes muestran un aumento en la mortalidad del 42%, de 40 ppm a 50 ppm, un 12%, el 6% en 60 ppm y un 13% en 70 ppm, este último alcanza el 90% de mortalidad al pasar 48 horas, indicando la efectividad larvicida del extracto a concentraciones bastante bajas.

Con respecto a los tiempos letales TL50 se encontraron dos concentraciones que alcanzan el 50% en tiempos de 24 a 40 horas, siendo TL50 en 60 ppm tiempo de 24.5 horas y 70 ppm en 40 horas. La conclusión que arroja este estudio nos demuestra una mayor letalidad en menor tiempo y al aumentar la concentración el TL90 desarrollo tiempos entre 48 y 56 horas, donde la concentración de 60 ppm llegó al 90% en tiempo de 56 horas y 70 ppm en 48 horas. Como se expuso anteriormente, a mayor concentración menor será el tiempo para alcanzar el TL90. El estudio de Nzelibe y Alba (2015) donde realizan investigaciones sobre la actividad larvicida de semillas de *Persea americana* extraídos de diferentes solventes como el etanol, acetato de etilo y n-hexano contra *Aedes vittatus* dejan como resultado que el extracto de etanol arroja una concentración letal CL50 de 1.79 ppm, mostrando mortalidad del 100% a 200 ppm doce horas después de la exposición respectivamente. Cómo podemos observar, se necesitan para una mayor letalidad, mayores concentraciones y debemos tener como parámetro principal que A*edes vittatus* se desarrolla en aguas estancadas, proporcionándole una mayor resistencia (Torres & Ardila, 2015).

Con el modelo Probit fue posible determinar las concentraciones letales de CL50 y CL90, cuyos valores son del 50% en 61 ppm y el 90% en 70 ppm. Al realizar las comparaciones entre los estudios mencionados con la *Persea americana* anteriormente por Torres, Garbo y Rikkamae (2014) sobre la actividad larvicida como posible insecticida de extracto de etanólicos de hexano de la semilla, la cáscara y la pulpa del fruto, realizando estudios en larvas de tercer y cuarto estado, arrojando como resultado que el extracto de etanol de las semillas presentó un CL50 de 16.48 ppm y un CL 90 de 45.77 ppm, muestran valores ligeramente inferiores al presente proyecto, ya que los resultados de mortalidad son mayores, rectificando el alto efecto larvicida del extracto de semillas de *Persea americana* sobre larvas de *Aedes aegypti*.

En trabajos anteriores, se demostró que un extracto etanólico de semillas de *Persea americana* obtenida por el método Soxhlet disminuyó en una gran medida la viabilidad de las larvas y el periodo neolarva para adultos. El extracto es rico en diferentes tipos de metabólicos secundarios, afectando también el desarrollo post-embrionario del vector.

De igual manera, se hace la comparación de los resultados obtenidos en esta investigación con proyectos que se realizaron al interior del semillero zoovector de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, los cuales son evaluaciones del efecto larvicida e insecticida de extractos de plantas sobre *Aedes aegypti*.

En relación con la investigación de Gutiérrez (2015). Se encuentra que el extracto etanólico de la semilla de *Carica papaya* (papaya) a concentraciones de 50, 100, 250, 500, 750 y 1000 ppm obtuvo una mortalidad del 46% en concentración de 50 ppm, lo que aumenta significativamente en el siguiente bioensayo de 100 ppm con un 87% de mortalidad. Obtuvo su mayor resultado en los bioensayos de 750 y 1000 ppm con un 100%. En cuanto a su CL50 y su CL90 obtuvieron resultados de 48.791 ppm con limite desde 16.754 a 88.42 para CL50 y la

estimación de la concentración para alcanzar la dosis letal CL90 de 151.196 ppm con límite desde 81.871 a 231.39.

En cuanto a resultados que obtuvieron Huérfano y Albarracín (2018) del extracto etanólico de *Zingiber oficinale* (Jengibre) por extracción Soxlhet a concentraciones de 1000, 2000, 3000, 4000 y 5000 ppm, alcanzaron resultados de mortalidad muy bajos, fue solo dos de las cinco concentraciones que usaron las que no generaron diferencia. Las concentraciones de 4000 y 5000 ppm indicaron ser más eficientes. Debido a eso que en las primeras 12 horas lograron obtener más del 30% de mortalidad. En las 60 horas del tratamiento consiguen una mortalidad cercana al 50%, sin embargo, es lejana de la mortalidad del 100%. Respecto a las concentraciones letales CL50 y CL90 los resultados fueron 3986.73 ppm para CL50 con un límite de confianza entre 3434.26 y 4855.24 y por otro lado 10057.2 ppm para CL90 con un límite de confianza entre 8070.66 y 14436.2 ppm.

En esa misma línea, se encuentra el efecto larvicida del extracto etanólico de *Citrus latifolia* (limón o lima ácida Tahití) expuesto por Bolaños y Teuta (2020), usando concentraciones de 400, 500, 600 y 700 ppm. En la que obtuvieron la máxima mortalidad a 700 ppm con un 97% a las 24 horas y luego se mantuvo. Asimismo, entre las 12 y 24 horas todas las concentraciones del extracto etanólico tuvieron la mayor tasa de mortalidad, de esta manera tienen como el resultado de CL50 a una concentración de 513 ppm y CL90 a 688 ppm.

Por otro lado, López y Moreno (2015) investigaron el extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* (clavo de olor), aplicaron concentraciones de 100, 200, 300, 400, 500 y 600 ppm. Obtuvieron como resultado para CL50 una concentración de 137.34 ppm y para CL90 de 387.43 ppm, arrojaron resultados satisfactorios. En particular, la concentración de 600 ppm que logro el

100% de mortalidad acumulada a las 2 horas de tratamiento. Además, la concentración de 500 ppm tuvo una mortalidad del 100% pasadas las 12 horas y el de 400 ppm pasadas las 24 horas.

En cuanto al efecto larvicida del extracto acetónico de *Rosmarinus officinalis* (romero) por medio de la extracción Soxhlet mencionado por Roa y Sasa (2016). Obtuvieron concentraciones de 500, 1000, 1500, 2000 y 2500 ppm. Dieron como resultado un extracto bastante efectivo a concentraciones de 2000 y 2500 ppm, en el que obtuvieron una mortalidad del 100% a las 48 horas. Sin embargo, la de 2500 ppm generó la máxima letalidad (100%) a las 12 horas de exposición. Fue este un tiempo muy corto de acción en comparación con los demás tratamientos, en el que se posiciona como el tratamiento más eficiente. Por otro lado, la concentración letal CL 50 y 95 fue de 1161.94 ppm para CL50 y 1889.08 ppm para CL95.

Garzón y Monguí (2018) investigaron el efecto larvicida del extracto etanólico de *Citrus sinensis* (cáscara de naranja) a concentraciones de 3000, 4000, 5000, 6000 y 7000 ppm. Las concentraciones de 6000 ppm y 7000 ppm dierón la mortalidad del 100% trascurridas las 36 horas, lo que permitió hallar la concentración letal final. Asimismo, la concentración de 6000 ppm fue la más efectiva, ya que inicialmente la mortalidad fue de 28% transcurridas las primeras 12 horas. En cambio, la concentración de 7.000 ppm fue de 23 % de mortalidad en las primeras 12 horas. En relación con las concentraciones letales, registraron que para CL50 se necesitó una concentración de 3856,39 ppm y para CL90 una concentración de 5987 ppm.

Con respecto a *Coriandrum sativum* (Cilantro) investigado por Patiño et al. (2015). En el que implementan concentraciones de 200, 600, 800, 1000 y 1500 ppm. Muestra que el tratamiento más efectivo fue el de 1500 ppm con un 93% a las 48 horas de exposición. En contraste al tratamiento de 200 ppm, el cual presento una toxicidad de solo 29% en el mismo tiempo. Se observó que el tiempo de mortalidad más significativa fue de 24 a 36 horas en los 5

tratamientos aplicados. En relación con las concentraciones letales, registraron que para CL50 se necesitó una concentración de 438 ppm y para CL90 una concentración de 1426 ppm

Para finalizar se encuentra el extracto etanólico de la semilla de *Annona squamosa* (anón) investigado por Martínez y Zamora (2014). Donde trabajaron concentraciones de 100, 200, 300 y 400 y 500 ppm. Dando resultados de letalidad superiores al 95% en concentración de 300 ppm a las 48 horas. Su mayor mortalidad fue de 500 ppm a las 12 horas con un 100%. Por otro lado, obtienen mortalidades mayores al 50% a las 12 horas.

De los ocho (8) extractos evaluados anteriormente, cinco (5) de ellos (papaya, clavo de olor, romero, cáscara de naranja y anón) alcanzaron la mortalidad del 100%, el extracto de limón o lima ácida Tahití por Bolaños y Teuta (2020) logro alcanzar una mortalidad del 97%, seguido del extracto de cilantro por Patiño et al. (2015), con una mortalidad el 93% y, por último, la menor mortalidad obtenida fue la del jengibre por Huérfano y Albarracín (2018), con un 30%, no obstante, en la investigación de Garzón y Monguí (2018), efecto larvicida del extracto etanólico de *Citrus sinensis* (cáscara de naranja), se evidencia que necesitaron concentraciones muy altas, con un registro de 7000 ppm, mientras que la concentración más baja evidenciada fue la de Gutiérrez (2015) extracto etanólico de la semilla de *Carica papaya* (papaya) con un 50 ppm de concentración.

Con respecto a los resultados mencionados anteriormente y los resultados obtenidos en esta investigación. Se concluye que el extracto de *Persea americana* es eficaz. Debido a ello, se necesitó menos concentración para ser mortal en las larvas de *Aedes aegypti*. Cabe aclarar que no se llegó a una mortalidad del 100%. La concentración más alta fue en 70 ppm con un 90 %, lo que permite aclarar que, si aumenta la concentración, se llegaría a una mortalidad del 100 %.

Por otro lado, la menor concentración documentada en las investigaciones realizadas al interior del semillero zoovector fue para *Carica papaya* (papaya) por Gutiérrez (2015), con una mortalidad acumulada del 47% a una concentración de 50 ppm, mientras que en esta investigación la concentración de 50 ppm arrojo una mortalidad acumulada del 70%, siendo más eficiente el extracto de aguacate; por último en todos los resultados anteriores se pudo observar que a medida que la concentración aumentaba, la mortalidad también lo hacía, lo que resulta igual para esta investigación, como se puede observar en el formato del anexo H.

La efectividad de los extractos se le atribuye a las propiedades composicionales, estructurales y fisicoquímicas del elemento vegetal que se esté usando, ya sea romero, clavo de olor, cáscara de naranja, anón, aguacate, entre otros, al igual que el tipo de disolvente utilizado, ya que este puede contribuir directamente a la variación de la actividad larvicida, puesto que se ha demostrado que la extracción de bioquímicos activos de las plantas requiere la polaridad de los solventes utilizados (Ghost et al., 2012).

Finalmente, se reconocen los resultados positivos obtenidos y comparados con las investigaciones citadas. Asimismo, se propone al extracto etanólico de *Persea americana* (aguacate) como una alternativa de control natural de la población de *Aedes aegypti*, debido a que es capaz de disminuir los efectos que ha producido este vector en la salud de la población donde ataca este transmisor, primordialmente en las comunidades más vulnerables del trópico. Adicionalmente, se utilizará en lugares donde el agua se encuentre estancada y por ende afectará las larvas expuestas al extracto. Es necesario realizar más estudios adicionales sobre larvicidas con respecto a su eficacia y rentabilidad, como lo establece Manzoor et al (2013).

8. Conclusiones

- El extracto de *Persea americana* (aguacate, variedad Lorena) demostró tener propiedades larvicidas contra el mosquito *Aedes aegypti*. Donde se evidenció mortalidad a partir de las 12 horas de lectura en todas las concentraciones (20,30,40,50,60,70 ppm) y presentó aumento a medida que se aumenta la concentración del extracto
- En relación con las dosis letales CL50 y CL90, se estimó una concentración de 61 ppm y 70 ppm, respectivamente, del extracto de *Persea americana* sobre larvas de *Aedes aegypti* de estadio cuatro.
- Según los resultados encontrados para el tiempo letal TL50 y TL90, se estimó que a concentración de 70 ppm alcanza el 50% a las 45 horas y el 90% a las 48 horas. Asimismo, a concentración de 60 ppm se alcanzó el 50% a las 24,5 horas y el 90% a las 56,1 horas.
- El extracto etanólico de *Persea americana* es una alternativa favorable debido a que logra una letalidad del 90% en una muestra de 100 individuos a concentración de 70 ppm transcurridas 48 horas de exposición.
- *Persea americana* es una alternativa efectiva en el campo de la salud pública y manejo de residuos sólidos.

9. Recomendaciones

- Estructurar una metodología para la aplicación de las pruebas en campo.
- Evaluar el larvicida de *Persea americana* (Aguacate, variedad Lorena) en distintas especies de mosquitos, *(Culex irritans, Anopheles)* en su IV estado larvario.
- Llevar a cabo una manera más adecuada para la obtención y crianza de larvas de *Aedes aegypti*. Debido a que se evidenció que las muestras que contenían los huevos no eclosionaban en su totalidad al ser sumergidas en el agua durante un periodo de tiempo, por ende, se vio retrasando la obtención del número de larvas necesarias para los bioensayos.
- Evaluar el efecto larvicida de las diferentes partes de la planta de *Persea americana* sobre *Aedes aegypti*.
- Para futuros proyectos se recomienda evaluar la eficiencia con diferentes solventes como hexano, acetato de etilo y n-hexano.
- Respecto a la variedad de aguacate usada en esta investigación, (Lorena) se sugiere llevar a cabo más proyectos de investigación respecto a larvicidas e insecticidas con las distintas variedades de aguacate cultivadas en Colombia.

Referencias

Abe, F., Nagafuji, S., Okawa, M., Kinjo, J., Akahane, H., Ogura, T., Martínez-Alfaro, M. A., & Reyes-Chilpa, R. (2005). Trypanocidal Constituents in Plants 5. Evaluation of Some Mexican Plants for Their Trypanocidal Activity and Active Constituents in the Seeds of *Persea americana*. Biological & Pharmaceutical Bulletin, 28(7), 1314-1317. https://doi.org/10.1248/bpb.28.1314

Adesina., et al. (2016). *Persea americana (Mill.)* seed extracts: Potential herbal larvicide control measure against *Anopheles gambiae Giles*, 1902 (Diptera:Culicidae) Malaria vector. International Journal of Mosquito Research 2016; 3(2): 14-17.

Agrela, I. F., Hidalgo, Y., & Herrera, F. (2013). Efecto larvicida de extractos metanólicos obtenidos de semillas y hojas de *Persea americana* (Laurales: Lauraceae) (aguacate) sobre *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) Larvicide effect of methanolic extracts from seeds and leaves Persea americana (Laurales: Lauraceae) (avocado) on *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Boletín de malariología y salud ambiental, liv *(*2), 199-207. http://ve.scielo.org/pdf/bmsa/v54n2/art09.pdf

Aguirre Obando, O. A., Duarte Grandica, I., Álvarez Londoño, J. C., & Jiménez Montoya, J. A. (2018). Actividad larvicida de extractos vegetales de la familia Asteraceae y modelación matemática para su uso en el control de poblaciones de *Aedes aegypti*. Actualidades Biológicas, 40, 1-12. Actual Biol 40 (108): 5-16, 2018 DOI:10.17533/udea.acbi.v40n108a01

Alcandía Municipal de Macaravita. (2017, 13 septiembre). Nuestro municipio. Alcandía Municipal de Macaravita - Santander 2020-2023. https://www.macaravita-santander.gov.co/municipio/nuestro-municipio

Aldama, García et al (2001). Ciclo de vida del *Aedes aegypti* y manifestaciones clínicas del dengue. Acta Pediátrica de México Volumen 22, Núm. 2, marzo - abril, 2001. Recuperado de http://repositorio.pediatria.gob.mx:8180/bitstream/20.500.12103/1532/1/ActPed2001_18.pdf

Amórtegui., I. (2001). El cultivo del aguacate. Recuperado de: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4911/1/El%20cultivo%20del%20aguacate.pdf

Ávila, M., Teuta, & Julieth Rodríguez, M., Bolaños. (2020). Evaluación del efecto larvicida del extracto etanólico de *Citrus latifolia* (limón o lima ácida Tahití) sobre larvas de cuarto estadio de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio (optar por el título de tecnólogos en saneamiento ambiental). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/25176/AvilaTeutaMireya2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ávila, N. de D., Tirado-gallegos, J. M., Ríos-Velasco, C., Luna Esquivel, G., Estrada Virgen, M. O., & Cambero Campos, O. J. (2023). Propiedades composicionales, estructurales y fisicoquímicas de las semillas de aguacate y sus potenciales usos agroindustriales. Ciencia Y Tecnología Agropecuaria, 24(1). https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art:2607

Ávila, N et al. (2023). Propiedades composicionales, estructurales y fisicoquímicas de las semillas de aguacate y sus potenciales usos agroindustriales. Recuperado de https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art:2607

Baquero Huérfano, M., C., & Mesa Albarracín, C., G. (2018). Evaluación del efecto larvicida del extracto etanólico de *Zingiber officinale* (jengibre) sobre larvas de cuarto estadio de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio [Trabajo en modalidad de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de tecnóloga en saneamiento ambiental]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Beltran, R. M. (septiembre de 2001). Bionomía de *Aedes aegypti* L. Vector, del dengue, del sur, del estado de Jalisco en Mexíco. Monterrey, Nuevo León, estado de Jalisco, Mexíco.

Bernal, J & Díaz, C., (2020). Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (bpa) en el cultivo de aguacate. Recuperado de https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7403831

Bobadilla Utrera, M. C. (2001). Estado de la susceptibilidad de poblaciones larvarias de *Aedes aegypti* (L) (Diptera: culicidae) a insecticidas de uso común y alternativos en el estado de Veracruz [Doctoral dissertation]. Universidad Autónoma de Nuevo León. Estado de la susceptibilidad de poblaciones larvarias de Aedes aegypti (L) (Diptera: culicidae) a insecticidas de uso común y alternativos en el estado de Veracruz (uanl.mx)

Borrero Roldán, E. (2015). Políticas públicas para la promoción, prevención y control del dengue y las representaciones y prácticas sociales de la enfermedad. En Minsalud [Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Política Social]. Universidad Javeriana.

Casillas, F. R., Cárdenas, A. O., Tovar, M. C., Star, M. J. V., Flores, A. E., & García, G. (2006). Efecto larvicida del extracto de hueso de *Persea americana* var. Hass, en *Aedes aegypti*

(L.). Ciencia UANL, 10(1), 25-28. Redalyc. Efecto larvicida del extracto de hueso de Persea americana var. Hass, en Aedes aegypti (L.). Ciencia UANL (researchgate.net)

Centers for Disease Control and Prevention [CDC]. (2019, 4 junio). *Virus del Zika*. Centers for Disease Control and Prevention. https://www.cdc.gov/zika/es/index.html

Chil Núñez, I., Molina Bertrán, S. del C., Ortiz Zamora, L., Dutok Sánchez, C. M., & Nonato Picanço Souto, R. (2019, 2 julio). Estado del Arte de la especie *Persea americana Mill* (aguacate). Amazonia Investiga. Recuperado 15 de noviembre de 2023, de https://core.ac.uk/download/pdf/328004519.pdf

Colegio Gimnasio Superior Empresarial Bilingüe [GSEB]. (2023, 18 mayo). *¿Como prevenir el dengue?* Gimnasio Superior Empresarial Bilingüe. https://www.gimnasiosuperior.edu.co/como-prevenir-el-dengue/

Conde, A. (2003). Estudio de la longevidad y el ciclo gonotrofico del *Aedes* (Stegomya) *aegypti* (Linnaeus, 1762), cepa Girardot (Cundinamarca) en condiciones de laboratorio. (Tesis de pregrado). Recuperado de https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8542/tesis51.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cruz, J. (2017). Evaluación del efecto larvicida de borra de café sobre larvas de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio y campo. (Tesis de pregrado). Recuperado de: http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6243/1/CruzGonz%C3%A1lezJulietthe2017.pdf

DANE, (2015). Boletín mensual Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. El cultivo del aguacate (*Persea americana Miller*), fruta de extraordinarias propiedades alimenticias, curativas e industriales. Recuperado de:

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_oct_2015.pdf

Danis Lozano, R., & Correa Morales, F. (2021). Cría de mosquitos *Culicidae* y evaluación de insecticidas de uso en salud pública. Instituto Nacional de Salud Pública. https://www.insp.mx/resources/images/stories/2022/docs/220104_Mosquitos_digital.pdf

FAO (1979). Recommended methods for the detection and measurement of the resistance of agricultural pests to pesticides. FAO Plant Protection Bull. 27:29-3

Flórez., A et al. (2011). Células idioblásticas de aguacate: fuente de productos naturales con actividad biológica en el 2 control de *Spodophetra frugiperda*. Recuperado de http://www.avocadosource.com/wac7/Section_04/FlorezMedinaAmerico2011.pdf

Federación Argentina de Cámaras Agroaéreas [FeArCA] & Grupo APC SA. (2020). Control de mosquitos. En *FeArCA*. https://fearca.org.ar/web/uploads/documents-files/2/PROTOCOLO%20MOSQUITO%20v1.1.pdf

Garzón y Monguí. (2018). Evaluación del efecto larvicida del extracto etanólico natural de *Citrus sinensis* (cáscara de naranja), sobre larvas de cuarto estadio de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Tesis de grado. Recuperado de https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/15654/CendalesGarz%c3%b3nJuanGuillermo2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gómez, N. (2015). Evaluación larvicida del extracto etanólico de la semilla de *carica papaya* sobre larvas del IV estadio de *Aedes aegypti* (diptera: culicidae) en condiciones de laboratorio. (Tesis de pregrado). Recuperado de:

http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3989/1/NataliaRocioGomezGutierrrez2015.pdf

Gómez García, G. (2018). *Aedes* (Stegomyia) *aegypti* (Diptera: Culicidae) y su importancia en salud humana. Revista Cubana de Medicina Tropical., 70(1), 55-70. http://scielo.sld.cu/pdf/mtr/v70n1/a07_214.pdf

Gonzales, J. (2017). Evaluación del efecto larvicida de borra de café sobre larvas de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio y campo. Recuperado de: https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/6243/CruzGonz%E1lezJulietthe2017.pdf?sequence=1

Guisande, C., Barreiro, A., Maneiro, I., Riveiro, I., Vergara, A., y Vaamonde, A. (2006). Tratamiento de datos, España, Editorial Díaz de Santos. Recuperado de: https://books.google.com.co/books?id=AhNx24025ZoC&printsec=frontcover&dq=Tratamiento+de+datos+Guisande,+C.,+Barreiro,+A.,+Maneiro,+I.,+Riveiro,+I.,+Vergara,+A.,+y+Vaamonde,+A.+(2006)&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjr8Nqr547qAhVDTd8KHU22B18Q6AEIPTAC#v=onepa ge&q&f=false

Gutiérrez, N. (2015). Evaluación larvicida del extracto etanólico de la semilla de Carica papaya sobre larvas del IV estadio de Aedes aegypti (diptera: culicidae) en condiciones de laboratorio. Recuperado de: https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3989/NataliaRocioGomezGutierrrez2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HIVEBLOG. (2020), Los preparados biológicos en el control de plagas: insecticida a base de la semilla de aguacate. Recuperado de: https://hive.blog/hive-196387/@popurri/los-

preparados-biologicos-en-el-control-de-plagas-insecticida-a-base-de-la-semilla-de-aguacate

Hurtado Isco, H. B., & Guevara Anacona, F. A. (2020). Determinación del riesgo entomológico por el vector *Aedes aegypti* en la comuna seis y ocho (Popayán–Cauca) (Doctoral dissertation, Uniautónoma del Cauca. Facultad de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible. Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria).

International Business Machines [IBM]. (2023). Regresión probit. IBM documentation. https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/saas?topic=regression-probit

Instituto Nacional de Salud [INS], Rodríguez Reyes, A. J y Pardo Herrera, L., y Pardo Herrera, L. C. (2022). Informe de evento Dengue. En INS.gov.co (Código 210, 220, 580). Instituto Nacional de Salud Bogotá, Colombia. https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informesdeevento/DENGUE%201%20SEMESTRE%202022.pdf#search=picadura%20de%20mosquito

Instituto Mexicano del Seguro Socia [IMSS]. (2019). Fiebre por Chikungunya. IMSS. https://www.imss.gob.mx/salud-en-linea/fiebre-chikungunya

La Administración Nacional de Educación Pública [ANEP]. (2016). *Aedes aegypti y Aedes albopictus* transmisores de Dengue, Zica, Chikungunya y Fiebre Amarilla [Comunicado de prensa]. Recuperado de: https://www.dgeip.edu.uy/documentos/galerias/prensa/1243/pre_aedes_aegypti.pdf

La Salle. (2019). Frasco de laboratorio. Museo virtual de ciencias. Recuperado de: https://www.lasalleteruel.es/museo_virtual/frascoslaboratorio.html#:~:text=Para%20sustancias%20%22fotosensibles%22%20se%20usan,descomposici%C3%B3n%20debido%20a%20la%20luz.

Lagunes Tejeda, A., & Vázquez Navarro, M. (1994). El bioensayo en el manejo de insecticidas y acaricidas (No. 04; CP, SB951. 6 L3.). Colegio de Postgraduados. Centro de Entomología y Acarología.

Lamarque, A., Zygadlo, J., Labuckas, D., López, L., Torres, M., y Maestri, D. (2008). Fundamentos teórico – prácticos de Química Orgánica. Recuperado de https://books.google.com.co/books?id=dehU1lJRKy8C&pg=PA51&dq=metodo+soxhlet&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwixk631yuHqAhWxiOAKHU_GDLwQ6AEwAHoECAUQ Ag#v=onepage&q=metodo%20soxhlet&f=false

Leite, J. P., De Brito, E. S., De Aguiar Cordeiro, R., Brilhante, R. S. N., Sidrim, J. J. C., Bertini, L. M., De Morais, S. M., & Rocha, M. F. G. (2009). Chemical composition, toxicity and larvicidal and antifungal activities of *Persea americana* (avocado) seed extracts. Revista Da Sociedade Brasileira De Medicina Tropical, 42(2), 110-113. https://doi.org/10.1590/s0037-86822009000200003

Leyva et al. (2017). Plantas con actividad insecticida: una alternativa natural contra mosquitos. Estado actual de la temática en la región de las Américas. Rev Biomed 2017; 28:139-181.

Liodelvio, M. F., & Torrado Navarro, Y. P. (2015). Fiebre chikungunya. Revista Cubana de Medicina, 54(1), 74-96. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0034-75232015000100008&script=sci_arttext&tlng=pt

López, M. A., & Neira, M. (2016). Influencia del cambio climático en la biología de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) mosquito transmisor de arbovirosis humanas. Revista Ecuatoriana De Medicina Y Ciencias Biológicas, *37*(2). https://doi.org/10.26807/remcb.v37i2.2

López Sánchez, M., Triana Méndez, J., Pérez Galván, F. J., & Torres Padrón, M. E. (2005). Métodos físicos de separación y purificación de sustancias orgánicas. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/436/1/494.pdf

Manjarres, A & Olivero, J (2013). Control Químico de *Aedes aegypti*: una perspectiva histórica. Recuperado de: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-14292013000100012&script=sci_abstract&tlng=es

Manrique, F y Suarez, G. (2014). Evaluación del efecto larvicida del extracto etanólico de Syzygium *aromaticum* (Clavo de olor) sobre larvas de cuarto estadio de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio. [Trabajo en modalidad de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de tecnóloga en saneamiento ambiental.] universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de: https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4816/ManriqueL%c3%b3pezLuisaFernanda2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Manzoor F, Samreen KB, Parveen Z, (2013). Larvicidal activity of essential oils against *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* larvae (DIPTERA: CULICIDAE). Recuperado de The Journal of Animal & Plant Sciences http://thejaps.org.pk/docs/v-23-2/15.pdf

Martínez, M., S., & Zamora, Y., S. (2014). Evaluación bioinsecticida del extracto etanólico de la semilla de *annona squamosa* (anón) sobre larvas del IV estadio de *Aedes aegypti lineaeus (diptera culicidae)* en condiciones de laboratorio. [Trabajo en modalidad de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de tecnóloga en saneamiento ambiental.]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Medina, Rojas et al. (2011). Células idioblásticas de aguacate: fuente de productos naturales con actividad biológica en el control de *Spodophetra frugiperda*. Recuperado de: https://www.avocadosource.com/wac7/Section_04/FlorezMedinaAmerico2011.pdf

Ministerio de salud y protección social. (2023). Circular Conjunta 002 de 2023 Ministerio de Salud y Protección Social - Instituto Nacional de Salud – INS. Recuperado de: https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=134257

Ministerio de salud y protección social. (2023). Circular Externa 013 de 2023 Ministerio de Salud y Protección Social - Superintendencia Nacional de Salud - Instituto Nacional de Salud – INS. Recuperado de: https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=143041&dt=S

Ministerio de agricultura y desarrollo rural [MINAGRICULTURA], Granados Pérez, W., & Valencia Rincón, J. C. (2018). Cadena de aguacate, Indicadores e Instrumentos [Diapositivas]. minagricultura.gov. https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2018-07-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf

Ministerio de Salud y Protección Social [MPS]. (2019). Dengue. Colombia potencia de la vida. https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/PET/Paginas/dengue.aspx

Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social [MSPDS]. (2022, 2 marzo). Conozcamos el ciclo de vida del mosquito *Aedes aegypti* - Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social [Comunicado de prensa]. https://www.mspbs.gov.py/portal/24920/conozcamos-el-ciclo-de-vida-del-mosquito-aedes-aegypti.html

Ministerio de la protección social. (S.F). Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de dengue. Recuperado de:

https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/gestion-vigilancia-entomologica-dengue.pdf

Mejía Serrano, S. P., & Pérez Vargas, I., P. (2017). Evaluación del efecto larvicida del extracto etanólico de *Ocimum basilicum* (albahaca) sobre larvas de cuarto (4) estadio de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio [Trabajo de grado en modalidad de investigación-innovación presentado como requisito para optar por el título de Tecnólogas en Saneamiento Ambiental]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Montero, (2009). Biología de *Aedes aegypti*. Blog FCA, UNR, 11.09. Recuperado de https://www.produccion-animal.com.ar/fauna/Fauna_insectos/79-Aedes_aegypti.pdf

Moreno, L y Aldana, A. (2019). Valorización metabolitos secundarios presentes en la semilla de aguacate (*Persea americana*). Recuperado de: https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.9

Molina-Bertrán, S. C., Martins-Mendonça, P., Reyes-Tur, B., Queiroz, M. M. C., Escalona-Arranz, J. C., García-Díaz, J., and Guisado-Bourzac, F. (2018). Effects of *Persea americana Mill*. seed extract on the postembryonic development of Musca domestica (Diptera: Muscoide). J Pharm Pharmacogn Res, 6(2), 96-107.

Mulla, M., Thavara, U., Tawatsin, A., & Chompoosri, J. (2004, 1 marzo). Procedures for the evaluation of field efficacy of slow-release formulations of larvicides against *Aedes aegypti* in water-storage containers. PubMed. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15088706/

Nascimento., (2012). Aceite esencial de capullos de flores de clavel (*Syzygium aromaticum*): extracción, caracterización y actividad larvicida contra *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762).

Universidad Federal de Maranhao, Centro de Ciencias y Tecnología Exacta, Programa de Posgrado en Química.

National Library of Medicine. (2023). *Dengue*. Medlineplus. Recuperado de: https://medlineplus.gov/spanish/dengue.html

Nuñez., C et al. (2019). Estado del Arte de la especie *Persea americana Mill* (aguacate). Recuperado de https://core.ac.uk/download/pdf/328004519.pdf

Nzelibe, H.C. y Albaba, S.U. (2015). Larvicidal potential of *Persea americana* seed extract against Aedes vittatus mosquito. Br J Appl Sci Technol., 11(2), 1–9.

Oberlies, N. H., Rogers, L. L., Martin, J., & McLaughlin, J. L. (1998). Cytotoxic and Insecticidal Constituents of the Unripe Fruit of *Persea americana*. Journal of Natural Products. https://doi.org/10.1021/np9800304

Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (2021). Métodos de vigilancia entomológica y control de los principales vectores en las Américas. *OPS*, 26. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/55241/9789275323953_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Organización Panamericana de la Salud [OPS] & Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2022). *Fiebre amarilla*. OPS/OMS. https://www.worldmosquitoprogram.org/en/learn/mosquito-borne-diseases/yellow-fever

Patiño Vega, I., F., Salgado Quinche, C. S., & Vega, J. E. (2015). *Valoración del efecto larvicida del extracto acetonico de Coriandrum sativum, sobre larvas de Aedes aegypti en condiciones de laboratorio.* [Trabajo en modalidad de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de tecnóloga en saneamiento ambiental]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Pérez, L. (2006). “Estudio del fenómeno de la comercialización de aguacate criollo (*Persea americana*) en los municipios de San Juan Comalapa, san José Poaquil, San Martín Jilotepeque y San Pedro Yepocapa del Departamento de Chimaltenango”. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2324.pdf

Petersen, L. R., Jamieson, D. J., Powers, A. M., & Honein, M. A. (2016). Zika virus. *The New England Journal of Medicine*, *374*(16), 1552-1563. https://doi.org/10.1056/nejmra1602113

Priegos, A et al (S.F). Anatomía del fruto de aguacate, ¿Drupa o baya? Recuperado de: https://www.avocadosource.com/Journals/CHAPINGO/1996_II_2_189.pdf

Puerta, Vélez, Et al (2024). Sistema de alerta temprana para el control del *Aedes aegypti*. Universidad EAFIT. Recuperado de https://www.eafit.edu.co/investigacion/grupos/i-d-i-tic/Paginas/sistema-de-alerta-temprana-para-el-control-del-aedes-aegypti.aspx

Ramírez, J. (2020). Efecto sinérgico de distintos extractos vegetales y *Bacillus thuringiensis var. israelensis* para el control de *Aedes aegypti* (L.) (diptera, culicidae) [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de nuevo León Facultad de Ciencias Biológicas. Recuperado de: http://eprints.uanl.mx/19716/1/1080314300.pdf

Rey, J. R., & Lounibos, P. (2015). Ecología de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* en América y transmisión enfermedades. *Biomédica*, *35*(2), 177-185. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-41572015000200005

Ríos, J. 2004. Aspectos entomológicos del dengue. Infectio 8(3): 231-235. Recuperado de: https://www.revistainfectio.org/index.php/infectio/article/view/252

Roa y Sasa., (2016). Evaluación del efecto larvicida del extracto acetónico de *Rosmarinus officinalis* (romero) sobre *Aedes aegypti*, mediante dos métodos de extracción.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Trabajo de grado. Recuperado de https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4001/CanalAlejandraManriqueEsteicy2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rosalinda., et al. (2014). Actividad larvicida de *Persea americana Mill.* contra el *Aedes aegypti.* Revista Asia Pacífico de Medicina Tropical. Recuperado doi: 10.1016/S1995-7645(14)60225-X

Ruiz, M; Lounibos, P, 2021. Aprende a hacer un insecticida de aguacate para tus plantas. Recuperado de https://www.admagazine.com/sustentabilidad/insecticida-de-aguacate-para-las-plantas-20210922-9046-articulos

Santa María Salamanca, M., Londoño Soto, B., Urquijo Velásquez, L. E., Díaz Gómez, A., Padilla Rodríguez, J. C., López Casas, J. G., Valera Antequera, D. A., Rey Benito, G. J., & Lugo Vargas, L. (2021). Dirección general de salud pública grupo salud ambiental enfermedades transmitidas por vectores. En *Minsalud*. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/gestion-vigilancia-entomologica-dengue.pdf

Secretaría de Salud Pública de Manizales. (2023, 18 agosto). Prevención del Dengue. Secretaría de Salud Pública. https://manizalessalud.net/prevencion-del-dengue/

Secretaría de Salud. (2016). El aguacate ayuda a tu salud y a prevenir padecimientos. Gobierno de México. https://www.gob.mx/salud/articulos/conoce-los-beneficios-del-aguacate#:~:text=Contiene%20alrededor%20de%2015%20nutrientes,y%20aumenta%20el%20colesterol%20bueno.

SEREJO, APM; EVERTON, VAYA; LACERDA, H. de CC; PEREIRA, APM; OLIVEIRA, JPM; LIMA, TP de; FELIZARDO, MGAC; COUTINHO, DF Actividad larvicida de

extractos hidroalcohólicos de Persea americana Mill. Semillas contra Aedes aegypti. Investigación, Sociedad y Desarrollo, [S. l.], v.10, n. 10, pág. e89101018144, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i10.18144. disponible en: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/18144. Acceso em: 20 ene. 2024.

Solís, Vera, et al. (2022). Resistencia a insecticidas en *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) de Tapachula, Chiapas, México. Salud pública Méx vol.62 no.4. Recuperado de https://doi.org/10.21149/10131.

Tocar y Fernandez. (2010). Consideraciones sobre el origen y primera dispersión del aguacate (*Persea americana, Lauraceae)*. Recuperado de: https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18144 https://www.uv.mx/personal/megalindo/files/2010/07/Origen.pdf

Torres, D. & Ardila, P. 2015. Evaluación del efecto larvicida del extracto de *Ricinus communis* (malpighiales: euphorbiaceae) sobre larvas de IV estadio de *Culex quinquefasciatus* (díptera: culicidae). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C.

Torres, R., Garbo, A. y Rikkamae Z. (2014). Larvicidal activity of *Persea americana Mill.* against *Aedes aegypti.* Asian Pac J Trop Med., 7 (1), 167-170

Universidad de Jaén [ujaen]. (2022). Introducción a la Toxicología. Aspectos básicos [Diapositivas]. Universidad de Jaén (ujaen). https://www4.ujaen.es/~ajmoya/material_docente/Tema1.pdf

Vargas, V. (2007). Estadística descriptiva para ingeniería ambiental con SPSS. Cali, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: http://www.uneditorial.net/uflip/Estadistica-descriptiva-para-ingenieria-ambiental-conSPSS/pubData/source/Estadistica-descriptiva-para-ingenieria-ambiental-con-SPSS.pdf

Vázquez, L et al. (2009). Biomoléculas con actividad insecticida: una alternativa para mejorar la seguridad alimentaria. Recuperado de https://doi.org/10.1080/11358120709487705

Velandia Romero, M., Olano, V., coronel Ruiz, C., Cabezas, L., Calderón Peláez, M., Castellanos, J., & Matiz, M. (2017). Vista de detección del virus del dengue en larvas y pupas de *Aedes aegypti* recolectadas en áreas rurales del municipio de Anapoima, Cundinamarca, Colombia | Biomédica. *Biomédica*, *37*(Supl.2), ISSN-e: 2590-7379. https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/3584/3739

Vivero, S et al., (2019). Palta: compuestos bioactivos y sus potenciales beneficios en salud. Recuperado de :http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000400491

World Health Organization: WHO. (2023). Fiebre amarilla. *www.who.int*. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/yellow-fever

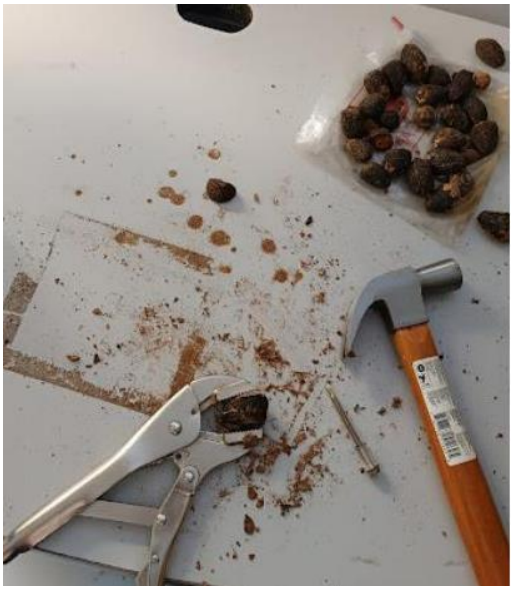
World Mosquito Program. (2023). Enfermedades transmitidas por mosquitos. https://www.worldmosquitoprogram.org/en/learn/mosquito-borne-diseases

Yasir, M., Das, S., & K. (2009). The phytochemical and pharmacological profile of *Persea americana Mill*. Pharmacognosy Reviews, 4(7), 77. https://doi.org/10.4103/0973-7847.65332

Anexos

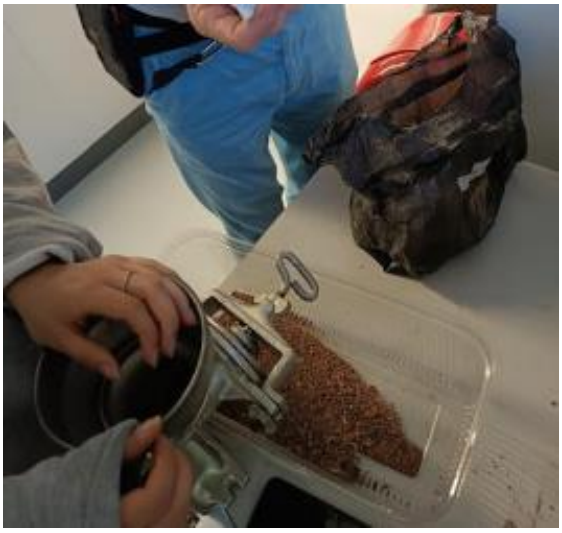
Anexo A.

Semillas de persea americana (aguacate).



Anexo B.

Trituración de las semillas de persea americana en molino convencional manual, marca corona.



Anexo C.

Cartuchos cilíndricos de papel filtro.



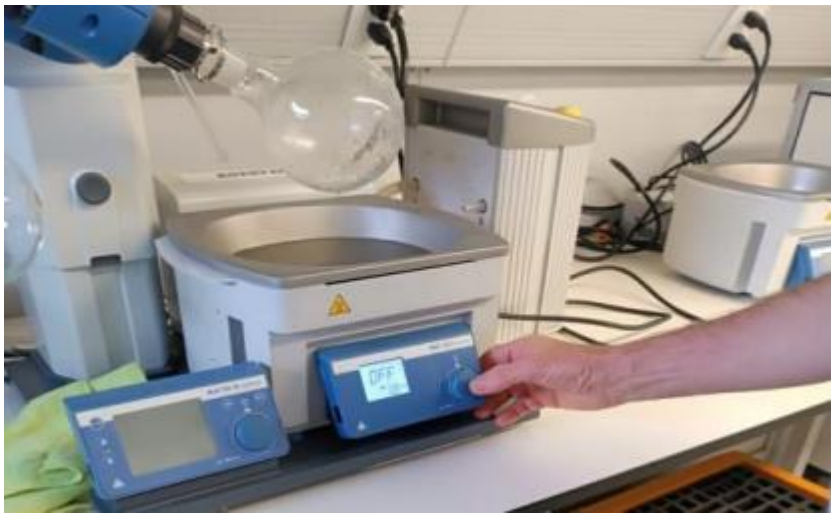
Anexo D.

Montaje del extractor Soxhlet



Anexo E.

Rotaevaporador



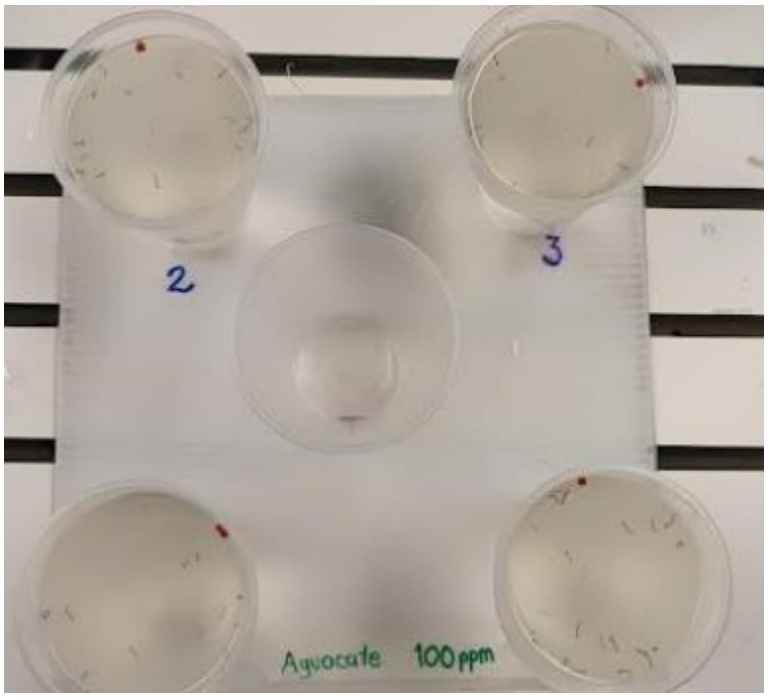
Anexo F.

Conservación del extracto de persea americana.



Anexo G.

Montaje de los bioensayos



Anexo H.

Formato mortalidad del bioensayo

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
ESTUDIO DE LETALIDAD LARVAS *AEDES AEGYPTI* CON EXTRACTO DE SEMILLA DE *PERSEA AMERICANA* (AGUACATE)

TRATAMIENTO	CANTIDAD INICIAL	MORTALIDADES EN EL TIEMPO										MORTALIDAD FINAL
		LECTURA 0 h		LECTURA 12 h		LECTURA 24 h		LECTURA 36 h		LECTURA 48 h		
		NUMERO	%	NUMERO	%	NUMERO	%	NUMERO	%	NUMERO	%	
20 ppm	R1	0	0%	0	0%	0	0%	1	4%	1	8%	11
	R2	0	0%	2	8%	0	8%	0	8%	6	32%	
	R3	0	0%	0	0%	0	0%	1	4%	0	0%	
	R4	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	
PROMEDIO		0	0%	2	2%	0	2%	2	4%	7	10%	
30 ppm	R1	0	0%	0	0%	0	0%	5	20%	0	20%	17
	R2	0	0%	0	0%	1	4%	6	28%	0	28%	
	R3	0	0%	3	12%	0	12%	1	16%	0	16%	
	R4	0	0%	0	0%	0	0%	1	4%	0	4%	
PROMEDIO		0	0%	3	3%	1	4%	13	17%	0	17%	
40 ppm	R1	0	0%	0	0%	3	12%	7	40%	8	72%	58
	R2	0	0%	1	4%	0	4%	6	28%	5	48%	
	R3	0	0%	0	0%	0	0%	7	28%	6	52%	
	R4	0	0%	0	0%	2	8%	9	44%	4	60%	
PROMEDIO		0	0%	1	1%	5	6%	29	35%	23	58%	
50 ppm	R1	0	0%	0	0%	0	0%	5	20%	4	36%	70
	R2	0	0%	6	24%	3	36%	7	64%	5	84%	
	R3	0	0%	2	8%	3	20%	8	52%	6	76%	
	R4	0	0%	5	20%	5	40%	4	56%	7	84%	
PROMEDIO		0	0%	13	13%	11	24%	24	48%	22	70%	
60 ppm	R1	0	0%	0	0%	4	16%	5	36%	2	44%	76
	R2	0	0%	5	20%	7	48%	4	64%	5	84%	
	R3	0	0%	3	12%	16	76%	2	84%	1	88%	
	R4	0	0%	2	8%	12	56%	8	88%	0	88%	
PROMEDIO		0	0%	10	10%	39	49%	19	68%	8	76%	
70 ppm	R1	0	0%	6	24%	14	80%	2	88%	0	88%	90
	R2	0	0%	3	12%	11	56%	2	64%	4	80%	
	R3	0	0%	1	4%	21	88%	0	88%	2	96%	
	R4	0	0%	4	16%	19	92%	1	96%	0	96%	
PROMEDIO		0	0%	14	14%	65	79%	5	84%	6	90%	
Responsable(s) de la prueba						Claudia Patricia Torrez Gallego Diana Milena Barrera Camacho						